

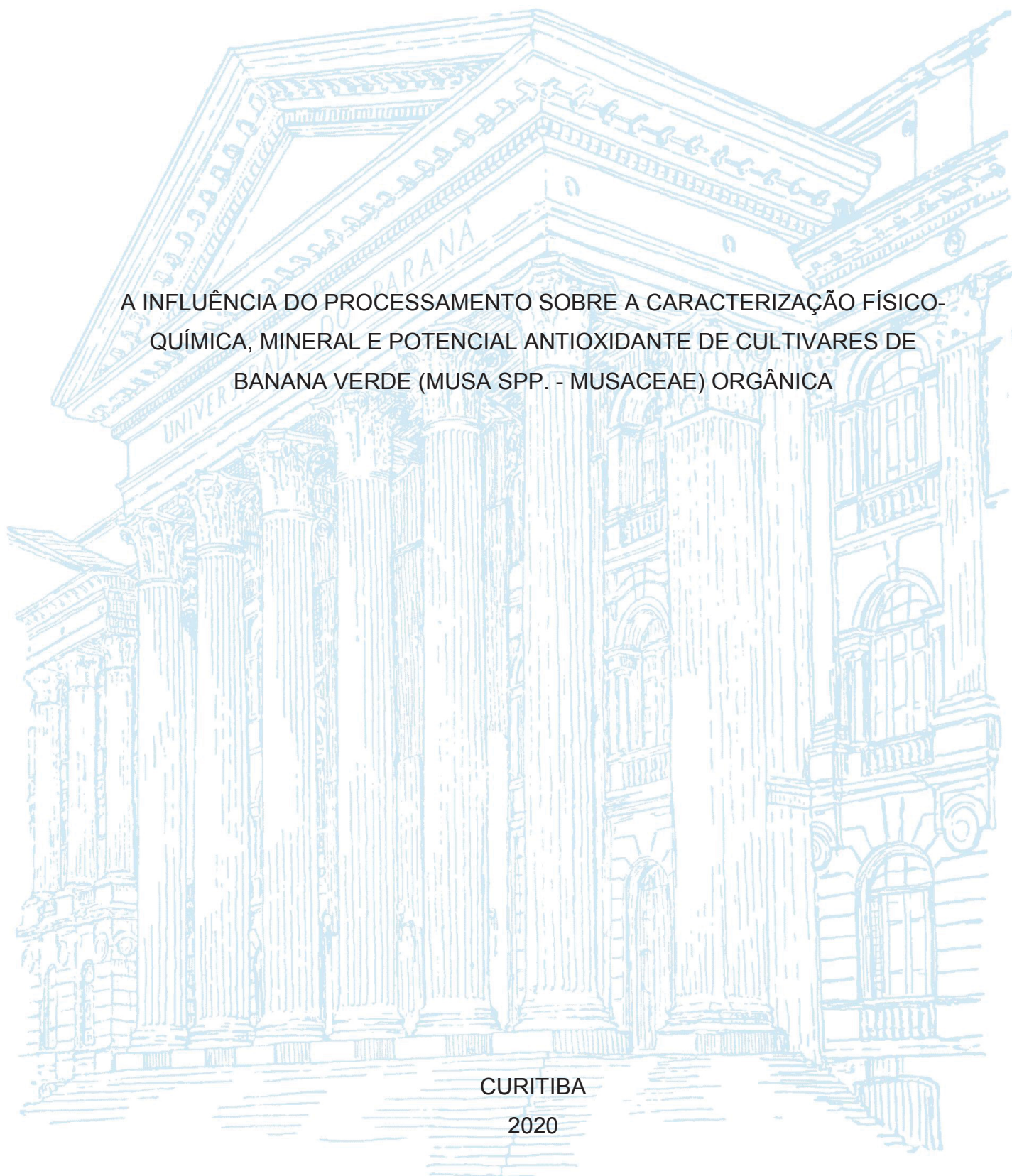
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

BEATRIZ FRABETTI CAMPOS ROMÃO

A INFLUÊNCIA DO PROCESSAMENTO SOBRE A CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-
QUÍMICA, MINERAL E POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE CULTIVARES DE
BANANA VERDE (MUSA SPP. - MUSACEAE) ORGÂNICA

CURITIBA

2020



BEATRIZ FRABETTI CAMPOS ROMÃO

A INFLUÊNCIA DO PROCESSAMENTO SOBRE A CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-
QUÍMICA, MINERAL E POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE CULTIVARES DE
BANANA VERDE (MUSA SPP. - MUSACEAE) ORGÂNICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentação e Nutrição. Setor de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Alimentação e Nutrição.

Orientadora: Prof^a. Dra. Cláudia C. H. Krüger

Coorientadora: Prof^a. Dra. Lucimara M. C. Cordeiro

CURITIBA

2020

FICHA CATALOGRÁFICA

Romão, Beatriz Frabetti Campos

A influência do processamento sobre a caracterização físico-química, mineral e potencial antioxidante de cultivares de banana verde (*Musa spp.* - Musaceae) orgânica [recurso eletrônico] / Beatriz Frabetti Campos Romão – Curitiba, 2020.

Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Alimentação e Nutrição.

Setor de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Paraná, 2020.

Orientadora: Profa. Dra. Cláudia C. H. Krüger

Coorientadora: Profa. Dra. Lucimara M. C. Cordeiro

1. Banana verde. 2. Farinha de banana verde. 3. Biomassa de banana verde. 4. Culinária. 5. Consumo de alimentos. I. Krüger, Cláudia C. H. II. Cordeiro, Lucimara M. C. III. Universidade Federal do Paraná. IV. Título.

CDD 584.88

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **BEATRIZ FRABETTI CAMPOS ROMÃO** intitulada: **A influência do processamento sobre a caracterização físico-química, mineral e potencial antioxidante de cultivares de banana verde (*Musa* spp. - Musaceae) orgânica**, sob orientação da Profa. Dra. CLAUDIA CARNEIRO HECKE KRUGER, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 27 de Outubro de 2020.

Assinatura Eletrônica

29/10/2020 10:53:00.0

CLAUDIA CARNEIRO HECKE KRUGER

Presidente da Banca Examinadora (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

30/10/2020 16:39:17.0

CAROLINA LOPES LEIVAS

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

06/11/2020 10:06:54.0

LYS MARY BILESKE CÂNDIDO

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ)

Dedico este trabalho à Deus e a minha família, em especial à Manuela,
minha filha.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, esse Pai tão bondoso que providenciou tudo no tempo certo em minha vida. Deu-me força suficiente para superar as dificuldades do caminho e o esclarecimento necessário para compreender e aceitar cada etapa. E pelo presente mais lindo que me deu durante esse tempo, a Manuela, que tem me enchido de energia e já é esperada com tanto amor! Agradeço também aos meus Santos anjos da guarda que me conduziram e inspiraram a todo momento.

Agradeço aos meus pais, Paulo e Pierangela, por terem sido sempre a minha base, a minha fortaleza e meus exemplos de vida. Obrigada por tudo que já sacrificaram em suas vidas a fim de que eu pudesse conquistar aquilo que eu desejasse. Ao meu marido querido, Tiago, pela compreensão, carinho e cuidado. Obrigada pelo colo e abraço sempre presentes nos meus momentos mais difíceis, só você sabe o quão conturbada essa jornada foi para mim. Te amo! A minha irmã Ana Paula, minha melhor amiga, sempre tão prestativa, atenciosa e amorosa. E as minhas cachorrinhas Amora e Maya, que foram fundamentais em tornar meus dias menos pesados, mais alegres e cheios de vida.

Agradeço à professora Dra. Cláudia, minha orientadora, que me inspira no seu modo gentil de ser, especialmente quando os desafios aparecem. Professora, obrigada por sua paciência e dedicação comigo neste processo e por acreditar que eu seria capaz. Muito obrigada também à professora Dra. Lucimara, que com todo seu conhecimento me ajudou a lapidar este trabalho. À querida Talyssa, aluna da iniciação científica, que tanto se dedicou nas análises desta pesquisa. Obrigada a todos os colegas do mestrado, vou sentir saudades! Agradeço à CAPES pelo apoio financeiro, ao Programa de Pós Graduação em Alimentação e Nutrição e à UFPR, essa instituição forte e repleta de profissionais dedicados no desenvolvimento da pesquisa científica como instrumento de progresso e bem estar social.

Agradeço aos queridos profissionais do departamento de nutrição: Jair, técnico do laboratório da Pós Graduação, sempre tão prestativo e atento em orientar os alunos com disposição e dedicação. À querida pós doutoranda Suelen, sempre tão disposta a nos ajudar, especialmente dedicada na análise de antioxidantes desta pesquisa. Agradeço também à Mayara, doutoranda do departamento de química, que trouxe todo seu conhecimento, suporte e trabalho na análise dos minerais. Foi incrível a maneira gentil e tão atenciosa com que você me orientou, muito obrigada!

Quando a gente come, a gente transforma natureza em gente.
(FLÁVIO LUIZ SCHIECK VALENTE, 2003)

RESUMO

A banana (*Musa spp.*) é um fruto tropical amplamente produzido e consumido no mundo. É rica em nutrientes, saudável, acessível e culturalmente inserida no hábito alimentar brasileiro. Tem-se observado que o fruto ainda nos estádios iniciais de maturação possui vantagens tanto na utilização culinária quanto dietoterápica, devido ao conteúdo expressivo de amido resistente e fibras, que apresenta. Contudo, ainda são escassos os estudos que demonstram a forma com que o processamento da banana verde impacta em sua composição química e, portanto, em suas aplicações culinárias e dietoterápicas. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência do processamento sobre as características físico-químicas, conteúdo de minerais e atividade antioxidante de duas cultivares de banana verde orgânica (*Musa* AAA, subgrupo *Cavendish nanica* e *Musa* ABB, subgrupo *Sapientum marmelo*). Os frutos foram colhidos em uma propriedade localizada no município de Adrianópolis-PR. Casca e polpa foram separadas e três processamentos realizados: desidratação por liofilização, desidratação em forno (farinha) e biomassa, totalizando 12 amostras de estudo. Inicialmente foi realizada a caracterização física dos frutos *in natura* e posteriormente as análises físico-químicas, de minerais e de antioxidantes em base seca. Os resultados encontrados sugerem que cascas da banana verde orgânica, independente da cultivar, são partes comestíveis que devem ser utilizadas na alimentação humana como ingrediente culinário, por ser especialmente superior à polpa no teor de fibras insolúveis e minerais. Observou-se também que o tipo de processamento teve influência importante sobre o teor de amido resistente (até 4 vezes maior nas biomassas de casca e de polpa), já a farinha de banana verde apresentou a melhor quantificação mineral e de fibras. O estudo ainda demonstrou que os minerais em maior concentração na banana verde, em todas as amostras analisadas, foram: potássio, fósforo, magnésio e cálcio. Contudo, no alcance da IDR, o cromo e o manganês apresentaram as maiores contribuições diárias tanto na farinha quanto na biomassa. E na formulação teórica de farinha e de biomassa de banana verde, o cálcio foi o mineral comum às cultivares que teve melhor incremento com a utilização de 25% de casca na composição. Além disso, constatou-se que as cascas liofilizadas apresentaram o maior potencial antioxidante, com redução na farinha e na biomassa.

Palavras-chave: Banana verde. Farinha de banana verde. Biomassa de banana verde. Culinária. Consumo de alimentos.

ABSTRACT

Banana (*Musa* spp.) is a tropical fruit produced and consumed worldwide. It is rich in nutrients, healthy, accessible and culturally inserted in the Brazilian eating habit. It has been observed that the fruit in the early stages of maturation has advantages in both culinary and diet therapy uses, due to the expressive content of resistant starch and fibers, which it presents. However, studies that demonstrate a way in which the processing of unripe bananas impact their chemical composition and, therefore, their culinary and dietary applications, are still scarce. Therefore, the objective of the present study was to evaluate the processing on the physical characteristics, minerals content and antioxidant activity of two organic unripe banana cultivars (*Musa* AAA, subgroup *Cavendish nanica* and *Musa* ABB, subgroup *Sapientum marmelo*). The fruits were harvested on a property located in Adrianópolis-PR. Peel and pulp were separated and three processes were carried out: dehydration by lyophilization, dehydration in oven (flour) and biomass, totaling 12 study samples. Initially, the physical characterization of the fruits *in natura* was carried out and later the physical-chemical, mineral and antioxidant analyzes on a dry basis. The results found obtained that organic unripe banana peels, regardless of the cultivar, are edible parts that must be used in human food as a culinary ingredient, as it is especially superior to the pulp in the content of insoluble fibers and minerals. It was also observed that the type of processing had an important influence on the resistant starch content (up to 4 times higher in the peel and pulp biomass), whereas the unripe banana flour presented a better mineral and fiber quantification. The study also corrects that the minerals in greater concentration in the unripe banana, in all as analyzed, were: potassium, phosphorus, magnesium and calcium. However, in the scope of the IDR, chromium and manganese aggregate the largest contributions in both flour and biomass. And in the theoretical formulation of green banana flour and biomass, calcium was the mineral common to both cultivars that had the best increase with the use of 25% of peel in the composition. In addition, it was found that lyophilized peels had the greatest antioxidant potential, with a reduction in flour and biomass.

Keywords: Green banana. Unripe banana flour. Unripe banana biomass. Cooking. Food consumption.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – MORFOLOGIA DA BANANEIRA	22
FIGURA 2 – ESCALA VISUAL DE VON LOESECKE (1950).....	27
FIGURA 3 – <i>Musa</i> AAA, <i>CAVENDISH NANICA</i>	41
FIGURA 4 – <i>Musa</i> ABB, <i>SAPIENTUM MARMELO</i>	42
FIGURA 5 – ESPECTROFOTÔMETRO PORTÁTIL.....	43
FIGURA 6 – ETAPAS DO PROCESSAMENTO DE BANANA VERDE DAS CULTIVARES <i>CAVENDISH NANICA</i> (CAV) E <i>SAPIENTUM</i> <i>MARMELO</i> (MAR)	44
FIGURA 7 – ETAPA DE DESCASQUE E CORTE DAS BANANAS	45
FIGURA 8 – ETAPA DE LIOFILIZAÇÃO DAS BANANAS.....	45
FIGURA 9 – CASCA E POLPA DESIDRATADAS EM FORNO E DESIDRATADO	46
FIGURA 10 – ETAPA DE MOAGEM EM MOINHO DE FACAS	47
FIGURA 11 – BANANAS VERDES <i>IN NATURA</i> , COZIDAS E PROCESSADAS.....	48
FIGURA 12 – ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS REALIZADAS COM AS CULTIVARES CAV E MAR EM BASE ÚMIDA.....	48
FIGURA 13 – DEFEITOS ENCONTRADOS NA CULTIVAR CAV.....	55
FIGURA 14 – DEFEITOS ENCONTRADOS NA CULTIVAR MAR	56

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – CULTIVARES ESTUDADOS	41
QUADRO 2 – PARÂMETROS INSTRUMENTAIS ICP OES	51
QUADRO 3 – VALORES DE LOD E LOQ PARA OS ELEMENTOS	52

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – COMPOSIÇÃO DA POLPA DA BANANA MADURA (BASE ÚMIDA) DAS DUAS CULTIVARES DE GRUPOS GENÔMICOS DISTINTOS (EM 100G DE PARTE COMESTÍVEL)	33
TABELA 2 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE DERIVADOS DE BANANA VERDE	34
TABELA 3 – TEOR DE FIBRAS E AMIDO RESISTENTE DE CULTIVARES DE BANANA VERDE.....	35
TABELA 4 – DIMENSÕES DA BANANA VERDE DAS CULTIVARES CAV E MAR	55
TABELA 5 – PROPORÇÃO DE CASCA E POLPA POR CULTIVAR	56
TABELA 6 – COORDENADAS DE HUNTER E SÓLIDOS SOLÚVEIS DE AMOSTRAS DA BANANA CAV NOS DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO.....	57
TABELA 7 – COORDENADAS DE HUNTER DAS CULTIVARES CAV E MAR NA COLETA	60
TABELA 8 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS FRUTOS <i>IN NATURA</i> ...	60
TABELA 9 – COMPOSIÇÃO DA BANANA VERDE CONFORME A CULTIVAR, PARTE COMESTÍVEL E TIPO DE PROCESSAMENTO.....	62
TABELA 10 – COMPOSIÇÃO EM AR, FT, FS E FI DA BANANA VERDE CONFORME A CULTIVAR, PARTE COMESTÍVEL E TIPO DE PROCESSAMENTO	63
TABELA 11 – TEOR DE MINERAIS TOTAIS NAS CULTIVARES ESTUDADAS.....	71
TABELA 12 – A REPRESENTATIVIDADE DOS PRINCIPAIS MINERAIS ENCONTRADOS NAS CULTIVARES DE BANANA VERDE ESTUDADAS.....	72
TABELA 13 – CONTEÚDO DE MAGNÉSIO, POTÁSSIO, FÓSFORO E CÁLCIO NAS CULTIVARES ESTUDADAS, CONFORME O TIPO DE PROCESSAMENTO E PARTE COMESTÍVEL ANALISADA.....	73
TABELA 14 – CONTEÚDO DE MINERAIS NAS CULTIVARES ESTUDADAS, CONFORME O TIPO DE PROCESSAMENTO E PARTE COMESTÍVEL.....	79

TABELA 15 – ADEQUAÇÃO DOS MINERAIS QUANTIFICADOS NA FARINHA DE BANANA VERDE DAS CULTIVARES CAV E MAR EM RELAÇÃO À IDR	83
TABELA 16 – ADEQUAÇÃO DOS MINERAIS QUANTIFICADOS NA BIOMASSA DE BANANA VERDE DAS CULTIVARES CAV E MAR EM RELAÇÃO À IDR.....	84
TABELA 17 – TEOR MINERAL EM FORMULAÇÕES DE FARINHA DE BANANA VERDE 75% CASCA E 25% POLPA E SUA COMPARAÇÃO COM A IDR	85
TABELA 18 – TEOR MINERAL EM FORMULAÇÕES DE BIOMASSA DE BANANA VERDE 75% CASCA E 25% POLPA E SUA COMPARAÇÃO COM A IDR.	85
TABELA 19 – CONTEÚDO DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS (TPC), FLAVONOIDES TOTAIS (TFC) E POTENCIAL ANTIOXIDANTE (ABTS, FRAP E DPPH) DE DUAS CULTIVARES DE BANANA VERDE	90

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABTS	- Radical 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)
AGCC	- Ácidos graxos de cadeia curta
AR	- Amido resistente
BC	- Biomassa da casca
BP	- Biomassa da polpa
C	- Casca liofilizada
CAV	- <i>Musa</i> AAA, subgrupo <i>Cavendish nanica</i>
CIE L*a*b*	- <i>Commission Internationale de l'Eclairage</i> para expressão das cores
CPRA	- Centro Paranaense de Referência em Agroecologia
DCNT	- Doenças crônicas não transmissíveis
DMSO	- Dimetilsulfóxido
DPPH	- Radical 2,2-difenil-1picril-hidrazil
Embrapa	- Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária
FT	- Fibra alimentar total
FC	- Farinha da casca
FI	- Fibra insolúvel
FP	- Farinha da polpa
FRAP	- <i>Ferric Reducing Antioxidant Power</i>
FS	- Fibra solúvel
ICP OES	- Espectrometria de emissão ótica por plasma acoplado indutivamente
LOD	- <i>Limit of Detection</i>
LOQ	- <i>Limit of Quantification</i>
MAPA	- Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
MAR	- <i>Musa</i> ABB, subgrupo <i>Sapientum marmelo</i>
MBM	- Museu Botânico Municipal de Curitiba
nm	- Nanômetros
P	- Polpa liofilizada
PBMH	- Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura
pH	- Potencial hidrogeniônico
PIF	- Produção Integrada de Frutas
rpm	- Rotações por minuto
SETI	- Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior

TECPAR	- Instituto de Tecnologia do Paraná
TFC	- Compostos flavonoides totais
TPC	- Compostos fenólicos totais

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	JUSTIFICATIVA	19
1.2	OBJETIVOS	20
1.2.1	Objetivo geral	20
1.2.2	Objetivos específicos	20
2	REVISÃO DE LITERATURA	22
2.1	CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA	22
2.2	ORIGEM E DISTRIBUIÇÃO	23
2.3	AGRICULTURA ORGÂNICA	25
2.4	CONDIÇÕES DE COLHEITA E AMADURECIMENTO DA BANANA	26
2.5	BIOMASSA DE BANANA VERDE	29
2.6	FARINHA DE BANANA VERDE	30
2.7	COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA BANANA (<i>Musa spp.</i>)	31
2.7.1	Amido	35
2.8	POTENCIAL DIETOTERÁPICO DA BANANA VERDE	37
2.9	FUNCIONALIDADE CULINÁRIA E TECNOLÓGICA	39
3	MATERIAL E MÉTODOS	41
3.1	MATERIAL VEGETAL	41
3.1.1	Caracterização física das cultivares	42
3.1.1.1	Avaliação de massa, altura e diâmetro dos frutos	42
3.1.1.2	Análise de cor	42
3.2	PROCESSAMENTO DAS CULTIVARES	43
3.2.1	Obtenção de casca e polpa por liofilização	44
3.2.2	Obtenção de farinha de polpa e farinha de casca	45
3.2.3	Obtenção de biomassa de polpa e biomassa de casca	47
3.3	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA BANANA VERDE	47
3.3.1	Umidade, cinzas, proteínas, lipídeos, acidez e pH	48
3.3.2	Determinação do amido resistente (AR)	49
3.3.3	Determinação de fibra alimentar total (FT), fibra insolúvel (FI) e fibra solúvel (FS)	49
3.3.4	QUANTIFICAÇÃO DE MINERAIS	50
3.3.4.1	Formulação teórica de farinha e biomassa de banana verde (25% casca e	

	75% polpa).....	53
3.3.5	ANÁLISE DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS, FLAVONOIDES TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE	53
3.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA	54
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4.1	CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DAS CULTIVARES.....	55
4.1.1	Análise de cor	58
4.1.1.1	Escala de maturação da CAV	58
4.1.1.2	Identificação de cor das cultivares no dia da coleta das amostras.....	59
4.2	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA BANANA VERDE	60
4.2.1	Análise comparativa entre cultivares.....	63
4.2.2	Análise comparativa entre partes comestíveis.....	65
4.2.3	Análise comparativa entre tipos de processamento.....	67
4.3	QUANTIFICAÇÃO DOS MINERAIS	71
4.3.1	Análise comparativa entre cultivares para os principais minerais: potássio, fósforo, magnésio e cálcio	72
4.3.2	Análise comparativa entre partes comestíveis para os principais minerais: potássio, fósforo, magnésio e cálcio.....	74
4.3.3	Análise comparativa entre tipos de processamento para os principais minerais: potássio, fósforo, magnésio e cálcio.....	76
4.3.4	Minerais quantificados na banana verde em menores concentrações e minerais não detectados	77
4.3.5	A representatividade dos minerais sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR)	82
4.3.6	Composição mineral de formulações de farinha e biomassa (25% casca e 75% polpa)	84
4.4	ANÁLISE DE COMPOSTOS FENÓLICOS, TOTAIS, FLAVONOIDES TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE	86
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
5.1	Recomendações para trabalhos futuros.....	92
	REFERÊNCIAS.....	93
	ANEXO 1 - CADASTRO NO SISGEN	103

1 INTRODUÇÃO

A banana (*Musa spp.*) é alimento básico no padrão alimentar brasileiro e está presente entre as principais culturas do mundo (LIMA; OLIVEIRA E SILVA; FERREIRA, 2012). Seu consumo dá-se a partir do fruto maduro *in natura* ou ainda como ingrediente culinário utilizado no preparo de doces, bolos, biscoitos, balas e bebidas. A banana nos estádios finais de maturação é um fruto de cor, sabor, textura e aroma característicos. Além disso, é uma boa fonte de energia, fibras, minerais (cálcio, magnésio, fósforo, potássio), vitaminas (vitamina C e B6), polifenóis e carotenoides (QAMAR; SHAIKH, 2018; TBCA, 2019).

Contudo, têm-se demonstrado que o consumo da banana nos estádios iniciais de maturação também pode ser uma boa alternativa de ingestão do fruto. Diversos estudos apontam o potencial dietoterápico da banana verde, por apresentar ação prebiótica (auxiliando no tratamento de doenças intestinais), baixo índice glicêmico (gerando impacto positivo no metabolismo da glicose e insulina), diminuição da concentração plasmática de colesterol e triacilgliceróis (reduzindo o risco de doenças cardiovasculares) e no estímulo à saciedade (promovendo controle de peso) (AHMED; THOMAS; KHASHAWI, 2020; ALMEIDA-JUNIOR et al., 2017; BAI et al., 2013; COSTA et al., 2019; EDENTA; OKODUWA; OKPE, 2017; QAMAR; SHAIKH, 2018; SARDÁ et al., 2016; VU; SCARLETT; VUONG, 2019)

Uma das razões que vem sendo apontada como responsável pelo potencial funcional da banana verde é a expressiva quantidade de amido resistente (AR) que contém, especialmente o AR tipo II; um amido nativo de baixa digestibilidade (AHMED; THOMAS; KHASHAWI, 2020; CHAMP; KOZLOWSKI; LECANNU, 2001). O AR não é absorvido no intestino, mas fermentado no cólon por bactérias intestinais, gerando ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) que são utilizados pelos enterócitos como fonte de energia, agindo assim na manutenção da saúde intestinal (AHMED; THOMAS; KHASHAWI, 2020).

Além disso, devido à presença de compostos fenólicos, a casca da banana verde é a parte comestível que apresenta maior capacidade antioxidante no fruto, especialmente quando não sofre tratamento térmico (VU; SCARLETT; VUONG, 2018). Os compostos fenólicos são metabólitos secundários de plantas

comestíveis que, quando presentes no hábito alimentar, associam-se à prevenção de doenças crônica não transmissíveis (DCNT) em seres humanos (VU; SCARLETT; VUONG, 2018).

Contudo, devido a sua natureza adstringente, decorrente do alto teor de taninos que contém, e textura rija, a banana verde não é consumida *in natura*. Já a farinha obtida por desidratação em forno e a biomassa de banana verde, por outro lado, têm tido aplicação explorada no campo da culinária e da tecnologia de alimentos. Estudos utilizaram esses ingredientes culinários no preparo de emulsões, pães, biscoitos, bolos, como suplemento prebiótico em formulações simbióticas com iogurte, entre outros, demonstrando, sua boa aceitação sensorial (DA COSTA et al., 2017; IZIDORO, 2007; IZIDORO; SCHEER; SIERAKOWSKI, 2009; LUCATTO, 2013; OVANDO-MARTINEZ et al., 2009; SANCHEZ-RIVERA et al., 2019; VOGADO et al., 2018).

1.1 JUSTIFICATIVA

A literatura científica tem demonstrado o potencial funcional culinário e dietoterápico da banana verde, tanto na biomassa quanto na farinha. Contudo, há ainda certa limitação no que tange ao estudo da influência destes diferentes métodos de processamento do fruto sobre sua composição química. Até o presente momento, não foram encontrados estudos que avaliassem, de forma direta e comparativa, o efeito do processamento sobre a composição da banana verde orgânica até se tornar ingrediente culinário (farinha e biomassa). E ainda, identificando possíveis variações em suas partes comestíveis (casca e polpa) e entre cultivares de grupos genômicos distintos. Falcomer et al. (2019) ressaltaram a necessidade de se produzir mais pesquisas que apresentassem a caracterização química e padronização da banana verde utilizada no preparo de alimentos.

Dessa forma, o presente estudo nasceu do interesse científico em compreender a maneira com que o processamento da banana verde interfere na composição química, mineral e antioxidante do fruto, tanto na farinha quanto na biomassa de banana verde. Para a ciência da Nutrição, o estudo de ingredientes naturais, sem sabor, capazes de substituir gorduras e açúcares é um avanço importante. Estes possibilitam o desenvolvimento de inúmeras preparações para

dietas restritivas e/ou de hábitos alimentares saudáveis que auxiliem no tratamento de doenças pré-estabelecidas e/ou na prevenção dessas.

Foram analisadas duas cultivares de banana verde orgânicas de grupos genômicos distintos com o intuito de promover a valorização do consumo de espécies orgânicas pouco conhecidas pelos consumidores. E ainda, valorizando o cultivo e a comercialização dessa diversidade de espécies e investigando possíveis diferenças nutricionais entre elas que venham a caracterizar efeitos fisiológicos específicos.

Além disso, o estudo propôs a análise de duas partes comestíveis do fruto (casca e polpa), permitindo a identificação das características específicas de cada parte. Acredita-se que este estudo poderá auxiliar na conduta dos nutricionistas seja na orientação do consumo da banana verde, seja no desenvolvimento de produtos que contenham seus derivados.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a influência do processamento sobre a caracterização físico-química, mineral e potencial antioxidante de cultivares de banana verde (*Musa spp.*) orgânica

1.2.2 Objetivos específicos

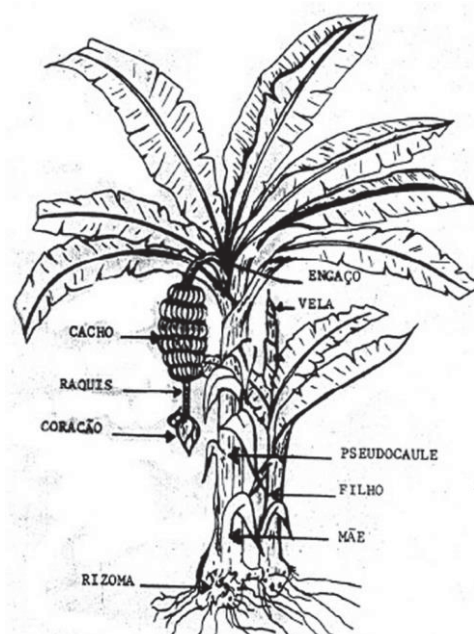
- Caracterizar e diferenciar duas cultivares de banana verde orgânica por meio de análises físicas e químicas;
- Obter derivados de banana verde (separados entre casca e polpa) por três métodos de processamento: desidratação por liofilização, desidratação em forno e desidratador e obtenção da biomassa de bananas verdes orgânicas;
- Comparar as propriedades físico-químicas entre as cultivares, entre as frações de casca e polpa e entre processamentos;

- Quantificar e comparar o conteúdo em minerais das cultivares de banana verde orgânica, entre as frações de casca e polpa e entre processamentos;
- Identificar a adequação dos minerais sobre a Ingestão Diária Recomendada e analisar uma formulação teórica de farinha e de biomassa de banana verde com 25% de casca e 75% de polpa;
- Estimar o teor de compostos fenólicos totais, flavonoides e investigar a atividade antioxidante da banana verde e compará-los entre as cultivares, frações de casca e polpa e entre processamentos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A banana é uma pseudobaga da bananeira (MELO, 2019); planta herbácea formada por um rizoma subterrâneo ligado a um pseudocaule de folhas superpostas, sua morfologia é observada na FIGURA 1. Sabe-se que a reprodução das bananeiras se dá de forma assexuada, a partir da planta mãe (SENA, 2011).

FIGURA 1 – MORFOLOGIA DA BANANEIRA



FONTE: (MUNDO ECOLOGIA, 2018).

2.1 CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA

A banana pertence ao reino “Plantae”, divisão “Magnoliophyta”, classe “Liliopsida”, ordem “Zingiberales” e família “Musaceae”. Esta família compreende os gêneros: “Strelitzia”, “Ravenda”, “Musa”, “Orchidantha”, “Ensete” e “Heliconia” além de 130 espécies (QAMAR; SHAIKH, 2018).

Há consenso científico para o uso da nomenclatura *Musa spp.* em referência a todas as cultivares comestíveis de banana (PEREIRA; MARASCHIN, 2015). Entre as espécies deste gênero, tem-se a *Musa acuminata* e *Musa balbisiana*. A combinação cromossômica dessas espécies foi designada pelos haploides A e B, respectivamente (SULAIMAN et al., 2011). Cruzamentos

e mutações ocorridas entre estes grupos deram origem aos demais subgrupos genômicos produtores de frutos comestíveis (LIMA; OLIVEIRA E SILVA; FERREIRA, 2012). Dessa forma, oito combinações genômicas foram criadas em diploides (AA, BB e AB), triploides (AAA, AAB, ABB, BBB) e tetraploides (ABBB) (SULAIMAN et al., 2011).

Os frutos com maior importância mercadológica são do subgrupo genômico AA e AAA, pois apresentam maior doçura (PEREIRA; MARASCHIN, 2015). Estes são frutos que provém de plantas delgadas que apresentam pseudocaule com manchas escuras e folhas eretas e estreitas, com a base do pecíolo aberto e pigmentação opaca na face interna das brácteas masculinas. As cultivares *Musa* AAA, como a *Cavendish nanica*, apresentam bainhas com tonalidade vermelha, pecíolo esverdeado e coberto por serosidade, pseudocaule verde oliva com manchas castanhas e pretas e cacho com formato cônico (LIMA; OLIVEIRA E SILVA; FERREIRA, 2012).

Já plantas do subgrupo *Musa* ABB, como a *Sapientum marmelo* (BRANDÃO, 2011), apresentam pseudocaule com poucas manchas, pecíolos com base fechada, pigmentação brilhante na face interna das brácteas masculinas e fruto com três quinas evidentes. Os frutos são relativamente curtos e apresentam casca mais grossa. As quinas mantem-se evidentes após a colheita, com cor creme- pálida ou avermelhada. Em estádios mais avançados de maturação o fruto apresenta maciez e sabor adocicado. Frutos dessa cultivar costumam ser consumidos cozidos, fritos ou no preparo de doces (LIMA; OLIVEIRA E SILVA; FERREIRA, 2012).

2.2 ORIGEM E DISTRIBUIÇÃO

A banana (*Musa spp.*) é um fruto tropical, originário do sudoeste asiático, há também relatos de polos produtores secundários na África e nas Ilhas do Pacífico. Por seu baixo custo e alto consumo (PEREIRA; MARASCHIN, 2015) a banana está entre as principais culturas do mundo (LIMA; OLIVEIRA E SILVA; FERREIRA, 2012). Dentre as inúmeras cultivares de banana disponíveis no mercado mundial, a *Musa spp.*, subgrupo Cavendish, destaca-se correspondendo a 45% dos cultivares comercializados (FAO, 2019).

Neste panorama, o Brasil ocupa o quinto lugar na produção mundial de bananas (DOSSA; DENCK, 2018) com mais de 6,5 milhões de toneladas colhidas no ano de 2018, valor já superado em 105% até novembro de 2019, conforme dados divulgados pelo Levantamento Sistemático da Produção Agrícola do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019). Entre os principais países exportadores do fruto estão o Equador (34%) e as Filipinas (18%). A exportação global de bananas em 2018 superou 19 milhões de toneladas e a importação do fruto deu-se em aproximadamente 18 milhões de toneladas, especialmente pelos Estados Unidos (23%) e China (9%)(FAO, 2017).

Por outro lado, em 10 anos, o Brasil sofreu 51% de redução em sua exportação, alcançando 63,4 mil toneladas em 2018, apenas 1% do total colhido no mesmo ano (FAO, 2017; IBGE, 2019). Os principais destinos do fruto brasileiro são o Uruguai (52%), a Argentina (40%) e a Polônia (5%) (EMBRAPA, 2018). Dessa forma, observa-se que quase a totalidade da banana colhida no Brasil é destinada ao abastecimento do mercado interno.

A Análise do Consumo Alimentar Pessoal no Brasil realizada pela Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) mais recente, de 2017 a 2018, demonstrou que o consumo per capita de banana chega a 6 kg/ano (IBGE, 2020). As principais cultivares de *Musa* AAB produzidas no Brasil, são: Prata, Pacovan, Prata-anã, Maçã, Mysore, Terra, D'angola. As principais *Musa* AAA são a Nanica e Nanicão, e do grupo genômico *Musa* ABB, as principais cultivares no Brasil são: a Figo cinza e Figo vermelha (DOSSA; DENCK, 2018).

Considerando a produtividade por estado da federação, as regiões Nordeste e Sudeste destacam-se no cenário nacional. São Paulo ocupa o primeiro lugar na produção brasileira de bananas (15%), seguido da Bahia (12%) e Minas Gerais (11%) (IBGE, 2019).

No Paraná, a bananicultura ocupa 7.500 hectares de área plantada somando 175.000 toneladas na safra de 2018, o que representa 2,6% da produção brasileira (IBGE, 2019). A região, conhecida como Vale do Ribeira (compreende o sul do estado de São Paulo e leste paranaense), destaca-se por ser um dos principais polos produtores de banana do país, sendo que o município de Adrianópolis-PR produziu 2.925 toneladas de banana em 2018 (IPARDES, 2019). Os meses de melhor colheita compreendem os períodos de

janeiro a fevereiro e setembro a dezembro (LIMA; OLIVEIRA E SILVA; FERREIRA, 2012).

2.3 AGRICULTURA ORGÂNICA

Diferentes sistemas de cultivo coexistem e geram impactos sociais, econômicos, ambientais e de qualidade dos alimentos em diferentes graus (KIRINUS, 2016). Atualmente, grande parte da produção nacional de banana depende do uso de agroquímicos, sobretudo para o controle de pragas e doenças. Entretanto, estes produtos podem deixar resíduos de contaminação química nos alimentos. E, nesse contexto, a produção orgânica tem a finalidade de oferecer produtos saudáveis isentos de contaminantes intencionais (BRASIL, 2003).

Regulamentada pela Lei n. 10.831 de 2003 e com o apoio do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e da Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (Embrapa), o sistema orgânico brasileiro de produção de alimentos está suportado por instrumentos que promovem práticas adequadas de preparo da área, seleção de variedades e mudas, manejo de doenças, nematoides, insetos e ácaros, manejo de colheita e pós-colheita, mercado e comercialização com base nos conhecimentos e tecnologias disponíveis e nos regulamentos aprovados para a produção orgânica de alimentos (MELO, 2019).

De acordo com a legislação brasileira “o conceito de sistema orgânico de produção agropecuária e industrial abrange os denominados: ecológico, biodinâmico, natural, regenerativo, biológico, agroecológico, permacultura e outros” (BRASIL, 2003). Neste sentido o estado do Paraná destaca-se como um dos estados com maior número de propriedades rurais orgânicas do Brasil (KUGLER, 2017).

Segundo a legislação supracitada, para sua comercialização, os produtos orgânicos precisam de certificação, por instituto reconhecido oficialmente (BRASIL, 2003). Sendo assim, em 2009, nasceu o Programa Paraná Mais Orgânico, uma parceria entre a Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior (SETI), o Instituto de Tecnologia do Paraná (TECPAR) e o Centro Paranaense de Referência em Agroecologia (CPRA). O

programa atua na certificação dos alimentos orgânicos, suporte técnico e incentivo à produção orgânica, junto aos produtores familiares (CPRA, 2020).

E quanto à qualidade dos alimentos orgânicos, quando comparados aos de cultivo convencional, embora a literatura ainda não seja clara (CRINNION, 2010; DALL'ASTA et al., 2020), estudos demonstram vantagens no consumo daqueles. Foi descrito menor teor de nitrato nos orgânicos, quando comparados aos alimentos de cultivo convencional. Fato desejável dada a associação existente entre o risco da ingestão habitual de nitrato e o desenvolvimento de câncer gastrointestinal. Além disso, concentrações mais elevadas de vitamina C e compostos fenólicos totais foram encontradas em vegetais folhosos orgânicos, demonstrando potencial antioxidante superior em alimentos cultivados por este sistema (FORMAN et al., 2012).

2.4 CONDIÇÕES DE COLHEITA E O AMADURECIMENTO DA BANANA

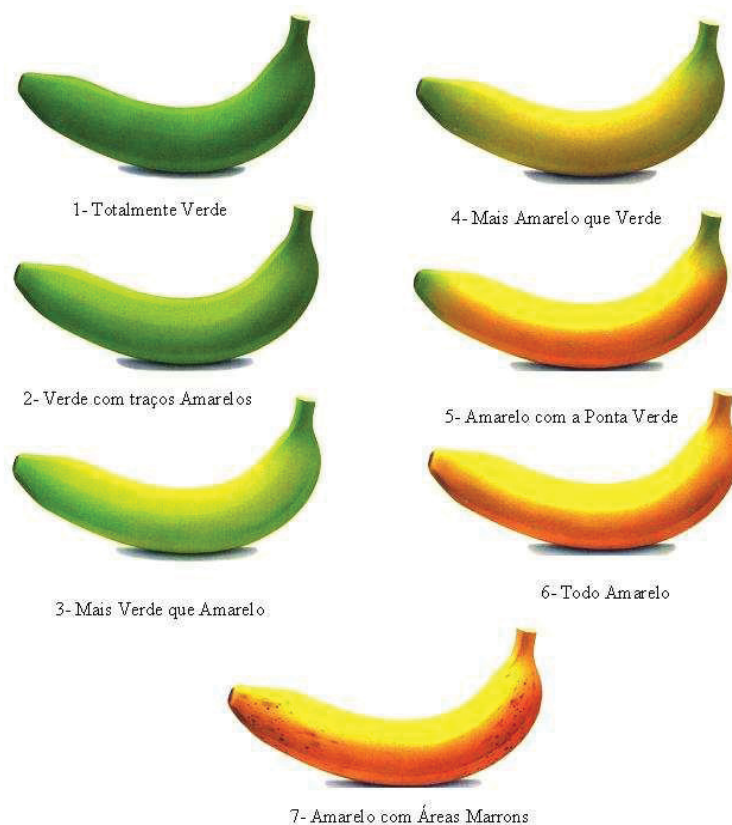
O período de tempo que compreende o plantio até a colheita das bananas é de oito a treze meses (AURORE; PARFAIT; FAHRASMANE, 2009). O principal limitador para o cultivo do fruto é o clima. Em altitude de até 1000 metros acima do nível do mar a faixa ótima de temperatura para o plantio se dá entre 26°C e 28 °C. Para plantios irrigados, a precipitação deve ser na faixa de 1200 a 1800 mm/ano, com umidade relativa do ar superior a 80%. Já a ventania intensa é capaz de derrubar as bananeiras e inviabilizar a colheita (LIMA; OLIVEIRA E SILVA; FERREIRA, 2012).

O amadurecimento da banana inicia-se naturalmente em 96 h pós colheita e é caracterizado por um aumento na taxa respiratória do fruto (SILVA et al., 2004). Visto que a banana é um fruto climatérico, ela não precisa manter-se ligada à planta mãe para atingir as características do amadurecimento completo, por isso é colhida ainda verde (BRON; JACOMINO, 2007). Os cachos podem ser amadurecidos naturalmente à temperatura ambiente ou artificialmente, acondicionados em câmaras com atmosfera controlada (AURORE; PARFAIT; FAHRASMANE, 2009). Essa prática facilita o manuseio e a conservação até os pontos de venda (BRON; JACOMINO, 2007).

O grau de maturação da banana pode ser visualmente avaliado com base na escala de maturação de Von Loesecke (1950), mostrado na FIGURA 2.

A escala compreende sete estádios de maturação que variam de “casca totalmente verde” (estádio 1) à “casca amarela com áreas marrons” (estádio 7) (CEAGESP, 2006). A utilização alimentar da banana verde geralmente dá-se com os frutos dos estádios 1 e 2 de maturação (FALCOMER et al., 2019). Entretanto, essa análise, quando realizada apenas por meio da escala visual, apresenta certa subjetividade, uma vez que há a possibilidade de interferência da percepção de cor pelo observador, ângulo de observação e iluminação do local. Nesse sentido diversos métodos vem sendo estudados a fim de se determinar o grau de maturação do fruto de forma mais precisa, entre eles destaca-se o sistema da *Commission Internationale l'Eclairage* (CIE $L^*a^*b^*$) para a expressão das cores, identificando a cor do fruto por meio de coordenadas de cromaticidade (GOMES; VIEIRA; LETA, 2013).

FIGURA 2 – ESCALA VISUAL DE VON LOESECKE (1950)



FONTE: (CEAGESP, 2006).

Entre os estádios 2 e 3 de maturação (verde com traços amarelos e mais verde do que amarela, respectivamente), ocorre o pico climatérico da banana. Neste estágio o fruto encontra-se no ápice de sua atividade respiratória e

produção de etileno, seguindo para os estádios finais de maturação e senescência (CAMPUZANO; ROSELL; CORNEJO, 2018).

Durante o amadurecimento ocorrem simultaneamente alterações de cor, firmeza e umidade (RAJKUMAR et al., 2012). Este processo envolve várias mudanças fisiológicas e bioquímicas que alteram a composição dos frutos (BRON; JACOMINO, 2007).

O amido é a principal forma de reserva energética da banana. No amadurecimento, a despolimerização das cadeias do amido resulta na formação de açúcares livres e no desenvolvimento do sabor doce (QAMAR; SHAIKH, 2018). A polpa da banana madura apresenta 14 a 23% de amido em base úmida (DA MOTA et al., 2000), neste estágio o amido resistente foi convertido em até 99,5% de carboidratos disponíveis (FASOLIN et al., 2007) atingindo maior doçura, enquanto a polpa perde firmeza e desenvolve-se o aroma característico (RAJKUMAR et al., 2012).

Os teores de umidade e de sólidos solúveis do fruto *in natura* estão diretamente relacionados ao processo de amadurecimento (QAMAR; SHAIKH, 2018). Wall et al. (2006) observou correlação positiva entre umidade (68,5% - 73,8%) e sólidos solúveis em bananas maduras. Tapre e Jain(2012) associaram o teor elevado de umidade, sólidos solúveis e açúcares totais à rápida redução do conteúdo de amido durante o amadurecimento.

À medida que o fruto amadurece a quantidade de ácidos aumenta e o potencial hidrogeniônico (pH) se reduz. Em geral o ácido málico é o de maior predominância em frutas, como a banana (AURORE; PARFAIT; FAHRASMANE, 2009; QAMAR; SHAIKH, 2018; TAPRE; JAIN, 2012).

Como forma de se proteger do estresse oxidativo causado pelo excesso de luminosidade e alta temperatura, durante seu desenvolvimento na planta, a banana aumenta a síntese de compostos antioxidantes (SULAIMAN et al., 2011). Sulamain et al (2011) comparou oito cultivares de banana e constatou que a atividade antioxidante, o teor de fenólicos totais e minerais varia entre as cultivares, sendo encontrado na casca da banana maior concentração de antioxidantes em relação à polpa. Os autores observaram correlação moderada entre o teor de fenólicos e a atividade antioxidante.

O estágio de maturação da banana influencia diretamente na forma como o fruto será consumido. Os estádios finais propiciam seu consumo *in*

natura, em pastas, doces, bolos, vitaminas, etc. Porém, ainda nos estádios iniciais de maturação é utilizada como ingrediente culinário, processada como farinha de banana verde ou massa; purê; biomassa de banana verde. Apresenta-se também como prato típico da cultura caiçara: peixe com banana verde é considerado uma iguaria herdada por povos indígenas originais que viveram na região litorânea do Sul e Sudeste brasileiro (MACHADO, 2008).

2.5 BIOMASSA DE BANANA VERDE

Os primeiros relatos da literatura sobre a produção de biomassa de banana verde para consumo humano foram realizados no Brasil. Desenvolvida de forma pioneira por Heloísa de Freitas Valle, ex-presidente da Cooperativa dos Bananicultores de Eldorado, no Vale do Ribeira-SP, a banana verde serviu de alimento em momento de escassez na fazenda onde habitava. Dessa forma, foi o trinômio necessidade-intuição-ousadia que levou a bananicultora a iniciar a utilização da banana verde como matéria prima alimentar. Posteriormente a bananicultora encontrou na Universidade de São Paulo e Federal de São Carlos o suporte para pesquisa científica para o produto (VALLE; CAMARGOS, 2011).

A biomassa é o produto obtido a partir da banana verde cozida inteira e processada formando uma massa de banana verde. Apresenta consistência pastosa e pode ser incorporada às preparações culinárias sem prejuízo de sabor, aumentando o rendimento da receita e substituindo agentes espessantes e gorduras. Além disso, apresenta baixo custo e fácil preparo e armazenamento (SANTERAMO et al., 2018; SINGH et al., 2016)

O primeiro método de obtenção da biomassa de banana verde descrito no país desenvolveu três tipos: a biomassa P (feita com a polpa) e a biomassa F (feita com a fibra da casca da banana verde), e a biomassa integral que contém a casca e polpa (VALLE; CAMARGOS, 2011).

A cocção de 5 a 10 minutos sob pressão foram suficientes para evitar a presença de microrganismos patogênicos em amostras de biomassa de banana verde, sendo, portanto, viável a produção segura do ingrediente em ambiente doméstico (RIQUETTE et al., 2019). Neste mesmo estudo constatou-se, sob o ponto de vista microbiológico, que a biomassa de banana verde pode ser

armazenada com segurança por até 6 dias sob refrigeração (+4°C) e 90 dias sob congelamento (-12°C).

Devido às propriedades nutricionais e benefícios fisiológicos, tem crescido amplamente o consumo da biomassa (RIQUETTE et al., 2019). Esse derivado da banana verde é uma boa fonte de fibras, vitaminas, minerais, compostos bioativos e amido resistente (CHÁVEZ-SALAZAR et al., 2017; DA COSTA et al., 2017).

2.6 FARINHA DE BANANA VERDE

A farinha de banana verde é obtida por meio da desidratação e moagem do fruto inteiro nos estádios 1 e 2 de maturação (casca totalmente verde e casca verde com traços amarelos, respectivamente) e apresenta propriedades reológicas e nutricionais potencialmente favoráveis ao seu uso como ingrediente culinário no preparo de emulsões e receitas de panificação (CAMPUZANO; ROSELL; CORNEJO, 2018; CEAGESP, 2006).

É crescente o uso e desenvolvimento dos produtos da banana verde no mundo. Alguns estudos apontam resultados muito satisfatórios na sua aplicação culinária e tecnológica (ANDRADE et al., 2018; OLIVEIRA DE SOUZA et al., 2018). Khoozani; Bekhit e Birch (2019) identificaram potencial emulsificante e espessante em amostras de farinha de banana verde e banana verde liofilizada, sugerindo sua utilização em substituição às gorduras em produtos alimentícios. Em um estudo seguinte, os autores aplicaram a farinha desidratada em forno e a banana verde liofilizada na fabricação de pães com diferentes proporções de farinha de trigo e banana verde desidratada. O objetivo do estudo foi identificar de que forma o produto da banana verde interfere nas propriedades tecnológicas da massa e do pão. Como resultado observaram que os pães fortificados com banana verde apresentaram maior densidade, elasticidade, viscosidade, firmeza e mastigabilidade quando comparado ao pão 100% farinha de trigo (KHOOZANI; KEBEDE; BEKHIT, 2020).

Em outro estudo identificou-se a viabilidade do uso da farinha de banana na fabricação de emulsões cárneas como alternativa ao uso da farinha de trigo e de soja, ingredientes potencialmente alergênicos. Os autores perceberam

vantagens tecnológicas com a inclusão da farinha de banana verde em até 4% no produto (HUANG; BOHRER, 2020).

Diversos métodos de produção têm sido desenvolvidos para a obtenção da farinha (ANYASI; JIDEANI; MCHAU, 2015). Nesse sentido, as características de umidade e temperatura empregadas no processo de secagem irão impactar diretamente nas propriedades funcionais e tecnológicas do produto (KHOOZANI; BEKHIT; BIRCH, 2019). Conforme a legislação brasileira, as etapas de produção da farinha de banana verde compreendem a recepção do fruto, seleção e despencamento, lavagem e sanitização em água clorada (5 ppm), toalete e corte (fatias 1 a 2 mm), tratamento antioxidante (sulfito de sódio), desidratação (umidade 6 – 8%), resfriamento em temperatura ambiente, trituração, embalagem e rotulagem (EMBRAPA, 2009).

Um estudo realizado na África do Sul analisou a farinha de polpa de cultivares de banana verde pré tratada isoladamente com diferentes ácidos (ácido ascórbico, ácido láctico e ácido cítrico) e em diferentes concentrações. Em seguida, a polpa da banana pré tratada foi seca em forno a 70°C por 12h, moída e homogeneizada. Observou-se alta concentração de minerais (potássio, magnésio, fósforo, ferro e zinco). Contudo, houve variações no perfil mineral das farinhas com resultados mais elevados quando previamente tratadas com ácido ascórbico. Os autores identificaram também que o pré tratamento ácido na fabricação da farinha preserva o conteúdo de compostos fenólicos e melhora o aspecto de cor da farinha uma vez que evita o escurecimento enzimático (ANYASI; JIDEANI; MCHAU, 2015, 2018).

2.7 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA BANANA (*Musa spp.*)

A banana nos estádios finais de maturação é um fruto de cor, sabor, textura e aroma característicos. Além de ser boa fonte de energia, fibras, vitaminas, minerais e polifenóis (QAMAR; SHAIKH, 2018; TBCA, 2019).

A TABELA 1 demonstra a composição da polpa das cultivares *Musa* AAA, *Cavendish nanica* e *Musa* ABB, *Sapientum marmelo*, *in natura* maduras, cultivadas no Brasil (USP, 2020). Nela é possível observar que a *Musa* ABB apresenta densidade energética 18% maior do que a cultivar *Musa* AAA. Da mesma forma, ela apresenta teores elevados de carboidratos (20%), fibras

(39%), cinzas (9%), cálcio (50%), magnésio (15%), manganês (10%), zinco (38%), vitamina A - em equivalentes de retinol (29%), vitamina E (29%), vitamina B2, vitamina C (69%) e folato (19%) em relação à banana AAA. Já esta apresenta maior conteúdo de umidade (7%), proteínas (14%), lipídios (33%), ferro (37%), fósforo (36%), cobre (25%), selênio (33%), vitamina B1 (33%) e vitamina B6 (77%) em relação à ABB.

A composição dos frutos varia conforme o tipo de solo, clima, estado de maturação, local de produção e cultivar (CORDOBA et al., 2018). Neste sentido foi observado que as características que diferenciam as cultivares de banana se dão ao nível genômico. Foi observado, por exemplo, que os triplóides AAB e ABB apresentam maior concentração de carotenoides do que os frutos AAA, indicando que a presença deste composto possa estar associada ao genoma B (PEREIRA; MARASCHIN, 2015).

Sabe-se que a banana verde, ainda nos estádios iniciais de maturação, também pode ser uma boa fonte de fibras, vitamina C, vitamina B6, pro vitamina A, potássio, fósforo, magnésio, zinco, compostos fenólicos e amido resistente, sendo esta uma característica que indica a presença de compostos funcionais. O fruto verde possui teor reduzido de açúcares e quantidades significativas de cálcio, sódio, ferro, manganês e cobre (QAMAR; SHAIKH, 2018; RIQUELLE et al., 2019a).

TABELA 1 – COMPOSIÇÃO DA POLPA DA BANANA MADURA (BASE ÚMIDA) DAS DUAS CULTIVARES DE GRUPOS GENÔMICOS DISTINTOS (100g DE PARTE COMESTÍVEL)

	<i>Musa</i> AAA	<i>Musa</i> ABB
Energia (kcal)	91	111
Umidade (%)	75,9	70,1
Carboidratos totais (g)	21,5	27,8
Carboidratos disponíveis (g)	20,1	25,0
Proteínas (g)	1,32	1,13
Lipídios (g)	0,21	0,14
Fibras (g)	1,7	2,80
Cinzas (g)	0,77	0,85
Cálcio (mg)	3,15	6,36
Ferro (mg)	0,32	0,20
Sódio (mg)	Tr	Tr
Magnésio (mg)	25,6	30,2
Fósforo (mg)	24,6	15,8
Manganês (mcg)	346	386
Zinco (mg)	0,13	0,21
Cobre (mg)	0,16	0,12
Selênio (mcg)	0,09	0,06
Vitamina A (RE)	0,13	0,13
Vitamina E (mg)	6,83	9,69
Vitamina B1 (mg)	0,06	0,04
Vitamina B2 (mg)	Tr	0,09
Vitamina B3 (mg)	Tr	Tr
Vitamina B6 (mg)	0,13	0,03
Vitamina C (mg)	5,39	17,5
Equivalentes de folato (mcg)	19,2	23,8

Uma revisão sistemática identificou os estudos que apresentaram a composição química dos derivados de banana verde (farinha e biomassa) (FALCOMER et al., 2019). Na TABELA 2 é possível identificar os valores de carboidratos, proteínas, lipídios e cinzas encontrados na farinha. Os resultados, determinados em base seca, indicam que o teor de carboidratos se mantém entre 55 e 65%. Para proteínas e lipídios, esses estudos apresentam maiores variações, proteínas entre 5 e 14,7% e lipídios entre 0,5 e 17,6%. Os autores, porém, alertam que a comparação dos resultados é limitada à medida que a descrição do tipo de banana utilizada nas pesquisas não é padronizada e os

métodos de obtenção das amostras analisadas são diferentes (FALCOMER et al., 2019).

TABELA 2 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE DERIVADOS DE BANANA VERDE

Autor	Cultivar	Carboidratos (%)	Proteínas (%)	Lipídios (%)	Cinzas (%)
Ble-Castillo et al.	M. AAA, Cavendish	60*	1,9*	0,4*	0,8*
Silva et al.	n.d.	65**	5**	0,5**	n.d.
Eleazu e Okafor	M. AAB, Paradisíaca	55,6**	14,7**	17,6**	n.d.

FONTE: Adaptado de Falcomer et al. (2019) e Sardá et al (2016)

NOTA: *Resultados em base seca a partir da polpa da banana

**Resultados obtidos a partir de farinha de banana verde (casca e polpa)

n.d. = não descrito

Casca e polpa dos frutos apresentam também variação na proporção dos componentes quantificados. Segundo Sulamain (2011) a casca da banana contém quase 70% mais potássio (1062,1 – 1387,5 mg/100g) em comparação à polpa (295,7 – 463,6 mg/100g).

Com relação à influência do processamento sobre a quantificação nutricional da banana, foi relatado que o teor de fibras presente na farinha de banana verde tende a ser superior à fibra alimentar presente na polpa da banana verde *in natura*. Tal fato ocorre devido ao processo de desidratação realizado na obtenção da farinha da banana verde (CHARNCHAI et al., 2016; JUAREZ-GARCIA et al., 2006; TRIBESS et al., 2016), Sabe-se que produtos processados podem apresentar variação no conteúdo nutricional original do alimento (ALSAFFAR, 2011).

A TABELA 3 mostra os resultados de fibra alimentar total, solúvel e insolúvel e de amido resistente de cultivares de banana verde, indicando maior quantidade de fibra alimentar total na farinha, quando comparado à biomassa. Em relação ao teor de amido resistente (AR) é possível perceber que a farinha variou entre 5,5 e 16,3% enquanto o valor observado para biomassa foi de 7,8% de AR.

TABELA 3 - TEOR DE FIBRAS E AMIDO RESISTENTE DE CULTIVARES DE BANANA VERDE

Autor	Cultivar	FT (%)	FI (%)	FS (%)	AT (%)	AR (%)
Langkilde et al.	n.d.	-	-	-	-	16,3 F
Menezes et al.	<i>Musa</i> paradisiaca	10,3	5,8	4,5	61,6	8,2 F
Dan et al.	<i>Musa</i> paradisiaca	6,6	3,3	3,3	42	5,5 F
Cassetari et al.	<i>Musa</i> spp AAA	4,4	-	-	-	7,8 P

FONTE: Adaptado de Falcomer et al. (2019)

NOTA: FT = Fibra alimentar total, FI = Fibras insolúveis, FS = Fibras solúveis, AT = Amido total, AR = amido resistente, F = farinha de banana verde, P = biomassa de banana verde com casca e polpa, n.d. = cultivar não descrita

2.7.1 Amido

Conforme Cordoba et al. (2018), a banana verde é rica em amido e contém quantidades significativas de amido resistente. Foi observado que, em base seca, frutas verdes (imaturas) apresentam 40 a 70% de amido (LAJOLO; MENEZES, 2006). Zhang et al. (2005) quantificaram entre 70 e 80% de amido em polpa de banana verde.

O amido é um homopolissacarídeo composto por cadeias de amilose e amilopectina que é sintetizado em forma de grânulos nos cloroplastos ou amiloplastos das espécies vegetais e armazenado como carboidrato de reserva (DENARDIN; DA SILVA, 2009; LAJOLO; MENEZES, 2006; TESTER; KARKALAS; QI, 2004). As cadeias lineares de amilose são compostas por moléculas de glicose unidas em ligações glicosídicas α -(1→4), enquanto as cadeias de amilopectina possuem ligações α -(1→4) e α -(1→6), formando uma estrutura ramificada. A proporção entre ambas as estruturas, na formação do amido, é dependente da fonte botânica, das variações que possam ocorrer dentro da mesma espécie e ainda de acordo com o grau de maturação do fruto (DENARDIN; DA SILVA, 2009; TESTER; KARKALAS; QI, 2004).

O grau de digestibilidade do amido no organismo humano interfere nas propriedades funcionais e fisiológicas deste nutriente. E fatores como a origem botânica, a relação amilose-amilopectina, o grau de cristalinidade, a forma física, o tipo de processamento, propriedades físico químicas, métodos de armazenamento e interações com outros componentes dos alimentos são interferentes nesse processo digestório (COLLONA; LELOUP; BULEON, 1992; ESCARPA et al., 1997). O amido resistente é um tipo de amido que quando

exposto à ação das enzimas digestivas, não é convertido em glicose e, portanto, não é digerido e absorvido no lúmen intestinal dos seres humanos (FASOLIN et al., 2007). Wang et al. (2019) analisaram sete cultivares de banana verde e quantificaram 77 a 83% de amido resistente nas amostras de amido isolado, em base seca.

Conforme Champ, Kozlowski e Lecannu (2001), há três tipos de AR que ocorrem naturalmente. O AR tipo 1 corresponde ao amido fisicamente inacessível; compondo a parede celular de cereais e leguminosas. O AR tipo 2 é o amido nativo de baixa digestibilidade e o AR tipo 3 trata-se do amido retrogradado, o qual pode ocorrer quando o amido é aquecido, sofre gelatinização e em seguida é resfriado ou congelado; em um processo que pode ser reversível. Todos os AR podem coexistir em um mesmo alimento em diferentes proporções. A banana verde contém os tipos 1 e 2 (CHAMP; KOZLOWSKI; LECANNU, 2001; EROGLU; BUYUKTUNCER, 2017). Além desses, há ainda os AR 4 e 5, produzidos a partir de modificações químicas na indústria de alimentos (EROGLU; BUYUKTUNCER, 2017)

O amido resistente é capaz de estimular seletivamente o crescimento de bactérias da microbiota por meio de fermentação anaeróbica. Por isso, nos estádios iniciais de maturação, a banana verde é considerada um prebiótico (LIAO; HUNG, 2015) e, dessa forma, contribui na prevenção de doenças intestinais. Há estudos que demonstram que o AR também contribui na redução dos níveis de colesterol plasmático, regulação do apetite e da adiposidade, favorece a absorção de vitaminas e minerais e melhora a resposta imunológica (BODINHAM; FROST; ROBERTSON, 2010; EROGLU; BUYUKTUNCER, 2017; KEENAN et al., 2006).

Sabe-se também que o consumo de carboidratos de baixa digestibilidade minimiza o impacto glicêmico pós-prandial. Estes reduzem a resposta glicêmica e, portanto, são elementos muito interessantes para uso em formulações de alimentos saudáveis com baixo índice glicêmico (SARIS et al., 1998).

Industrialmente, o amido é o principal responsável pelas propriedades tecnológicas de textura em produtos alimentícios funcionando como espessante, estabilizante, geleificante, agente de volume, adesivo e tem influência na retenção de umidade (DENARDIN; DA SILVA, 2009). Foi observado que o amido

da banana verde possui grande aplicabilidade industrial por apresentar alto pico de viscosidade, alto teor de amilose e amido resistente (MESQUITA et al., 2016).

O tipo de processamento aplicado ao alimento também interfere na formação do AR. Alguns métodos de cocção aumentam seu conteúdo, como observado nos processos de cocção à vapor, em água fervente, fritura, em micro-ondas, em autoclave e por extrusão, enquanto a cocção sob pressão demonstrou reduzi-lo (EROGLU; BUYUKTUNCER, 2017).

O AR pode mudar sua configuração, formando um amido digerível a partir da gelatinização provocada por processos que envolvem água, temperatura, pH e tempo. A gelatinização do amido viabiliza o acesso das enzimas. Processos de armazenamento e conservação, como no resfriamento e congelamento, por outro lado, geram um rearranjo nas cadeias glicosídicas, pelo processo de retrogradação do amido. E este, por sua vez, indisponibiliza novamente o amido para digestão enzimática (EROGLU; BUYUKTUNCER, 2017).

Na relação tempo e temperatura também há resultados interessantes sobre processos de cocção e sua interferência na formação do AR. Foi observado que o pão assado a 120°C por 24h teve um aumento 4,2% maior na formação de AR quando comparado àqueles submetidos à cocção em 200°C por 35 minutos ou 150°C por 12h. Ou seja, quanto menor a temperatura de cocção e maior o tempo do processo, maior a formação de AR. No mesmo estudo, pães mantidos à 200°C foram mantidos por mais 15 ou mais 45 minutos sob cocção e concluiu-se que os pães que ficaram por mais 45 minutos tiveram um aumento de 49% no conteúdo de AR quando comparado aos pães que foram mantidos por apenas 15 minutos a mais no processo (EROGLU; BUYUKTUNCER, 2017).

2.8 POTENCIAL DIETOTERÁPICO DA BANANA VERDE

Diversos estudos vêm demonstrando o potencial dietoterápico da banana verde (ALMEIDA-JUNIOR et al., 2017; BAI et al., 2013; CARDENETTE, 2006; et al., 2017; COSTA et al., 2019; EDENTA; OKODUWA; OKPE, 2017; QAMAR; SHAIKH, 2018; SARDÁ et al., 2016; VU; SCARLETT; VUONG, 2019). Segundo Falcomer et al. (2019), aproximadamente 40% dos estudos realizados entre 1984 e 2019, que associaram a banana verde a efeitos terapêuticos, tiveram sua

condução no Brasil. Segundo Qamar e Shaikh (2018), o fruto apresenta propriedades antidiarreica, antimicrobiana, cicatrizante, antineoplásica, antiulcerogênica, antilítica, hipoglicemiante e antioxidante.

Rabbani et al. (2001) encontraram correlação positiva entre o consumo de biomassa da polpa de banana verde e a intensidade, frequência e duração dos episódios de vômito e diarreia em crianças (5-12 anos) com diagnóstico de diarreia persistente (14 dias). Em estudo subsequente, os autores comprovaram novamente o efeito da administração da banana verde no controle da doença, evidenciando a melhora na permeabilidade intestinal nos indivíduos (RABBANI et al., 2004). Em 2010 os mesmos autores expandiram o estudo, aplicando-o para 2968 crianças da área rural de Bangladesh, com idades entre 6 a 36 meses, com mesmo diagnóstico de diarreia persistente. O estudo demonstrou que o consumo da polpa de banana verde, associada a uma dieta caseira convencional, reduziu o tempo de duração do episódio, contribuindo no tratamento da diarreia aguda e prolongada em crianças (RABBANI et al., 2010).

Por outro lado, Cassettari et al. (2019) avaliaram a administração da biomassa de banana verde na constipação crônica em crianças e adolescentes (5 – 15 anos de idade). O efeito da combinação da biomassa ao uso de medicamentos laxativos melhorou os sintomas da constipação e reduziu a necessidade da administração de laxantes.

Outro estudo, conduzido no Brasil, destacou o potencial funcional da biomassa de banana verde e do amido isolado da banana verde dada a resposta colônica à alta fermentabilidade dos carboidratos indisponíveis presentes e pela baixa resposta glicêmica em indivíduos saudáveis (40% menor após o consumo da biomassa de banana verde, em relação ao pão) (MENEZES et al., 2010). Em 2015 um estudo também confirmou o efeito do consumo da farinha de banana verde na saúde intestinal e pancreática, por meio da fermentação dos carboidratos não digeríveis da banana verde e melhora da sensibilidade à insulina em ratos (DAN et al., 2015).

Cardenette (2006) avaliou os efeitos fisiológicos dos carboidratos não disponíveis da biomassa de banana verde sobre a tolerância à glicose em ratos. Após 28 dias de consumo das rações enriquecidas com massa de banana verde e amido da banana verde, observou-se menor secreção de insulina pelas ilhotas pancreáticas, poupando as células secretoras de insulina.

Demonstrando que a massa de banana verde poderia ser indicada para a terapia nutricional de indivíduos diabéticos, pacientes geriátricos, nefropatas, vegetarianos e celíacos (VALLE; CAMARGOS, 2011).

Ble-Castillo et al. (2010) evidenciaram o efeito positivo da suplementação com farinha de banana verde, em adultos obesos portadores de diabetes tipo II, no aumento da sensibilidade à insulina e redução de massa corporal. O efeito da farinha de banana verde ainda foi relatado sobre a melhora nos marcadores bioquímicos de disfunção hepática em ratos diabéticos (DA SILVA et al., 2016; ELEAZU; OKAFOR, 2015). O potencial antidiabético da farinha banana verde foi descrito por Arun et al. (2017) no tratamento do diabetes tipo II associada ao risco cardiovascular. Sanchez-Rivera et al. (2019) também observaram, em teste in vitro, a capacidade da farinha de banana verde em reduzir o índice glicêmico de cookies em 15,6% quando preparados com 50% de farinha de banana verde em substituição à farinha de trigo branca.

O efeito sacietogênico e de homeostase glicêmica decorrentes do consumo da banana verde foram relatados em um estudo com 22 adultos saudáveis submetidos ao consumo da farinha três vezes por semana, por seis semanas. Os parâmetros de fome e saciedade foram mensurados por meio de escala visual e área sob a curva dos hormônios grelina e peptídeo YY (SARDÁ et al., 2016a).

Acerca dos benefícios do consumo da banana verde, a maioria dos estudos descritos na literatura apresenta associação direta entre o consumo da banana verde e doenças intestinais, impacto positivo no metabolismo da glicose e insulina, controle de peso e de complicações renais e hepáticas decorrentes do diabetes. Entretanto ainda não há uma padronização da dose de efeito, bem como há poucos registros sobre a composição química detalhada das amostras utilizadas nos estudos (FALCOMER et al., 2019).

2.9 FUNCIONALIDADE CULINÁRIA E TECNOLÓGICA

A banana verde é rica em fibras que são componentes importantes na formulação de produtos alimentícios com propriedades funcionais, dado os seus benefícios relacionados à saúde intestinal, controle de saciedade e apetite, regulação da glicemia e prevenção de câncer gastrointestinal (MÜLLER;

CANFORA; BLAAK, 2018). Esses são ainda importantes ingredientes tecnológicos no desenvolvimento de produtos alimentícios. As fibras dão corpo e estrutura aos produtos dada suas propriedades de retenção de óleo, hidratação e viscosidade (ELLEUCH et al., 2011).

Juntamente a elas, o AR têm demonstrado grande versatilidade para uso tecnológico, dado seu impacto positivo nas características sensoriais dos produtos, melhorando a aparência e textura, sendo estas características importantes para garantir maior aceitação do produto pelos consumidores (FALCOMER et al., 2019).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATERIAL VEGETAL

Frutos das duas cultivares de banana *Musa* AAA, *Cavendish nanica* (CAV) e *Musa* ABB, *Sapientum marmelo* (MAR) foram obtidos em uma propriedade orgânica certificada pelo TECPAR. A propriedade está localizada no município de Adrianópolis – PR (O°N-24°42'44" S- 48°57'19"O) e a coleta foi realizada entre os meses de novembro de 2018 e janeiro de 2019. Ambas as cultivares foram catalogadas no Museu Botânico Municipal de Curitiba (MBM) – PR, conforme descrito no QUADRO 1.

QUADRO 1 – CULTIVARES ESTUDADOS

Cultivar	Código de depósito no MBM
CAV	MBM 344970
MAR	MBM 384852

Bananas verdes de ambas as cultivares foram colhidas, de forma aleatória, em bananeiras orgânicas e transportadas em caixas isotérmicas até o local de preparo das amostras. Nas FIGURAS 3 e 4 observam-se as imagens dos frutos utilizados nesta pesquisa.

FIGURA 3 – *Musa* AAA, *cavendish nanica*



FONTE: A autora (2018)

FIGURA 4 – *Musa* ABB, *sapientum marmelo*

FONTE: A autora (2019)

3.1.1 Caracterização física das cultivares

3.1.1.1 Avaliação de massa, altura e diâmetro dos frutos

Foram realizadas as análises de altura (mm), massa (g), diâmetro (cm), análise da presença de defeitos e grau de maturação, conforme as normas de classificação do Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura (PBMH) e Produção Integrada de Frutas (PIF) (CEAGESP, 2006).

3.1.1.2 Análise de cor

Para fins de seleção da matéria prima, utilizou-se a escala visual de Von Loesecke (1950), mostrada na FIGURA 2, como ferramenta de classificação do grau de maturação dos frutos no dia da coleta. Foram escolhidos especificamente as bananas nos estádios 1 e 2 de maturação (casca totalmente verde e verde com traços amarelos, respectivamente).

Com o objetivo de se determinar o estágio real de maturação dos frutos utilizados nesta pesquisa, paralelamente à escala visual de Von Loesecke (1950), foi iniciada, no dia da coleta da matéria prima, a análise de cor da casca e da polpa por colorimetria em espectrofotômetro portátil (HunterLab XE Plus), conforme FIGURA 5. As leituras de cor foram obtidas durante um intervalo de 14 dias.

FIGURA 5 – ESPECTROFOTÔMETRO PORTÁTIL



FONTE: A autora (2019)

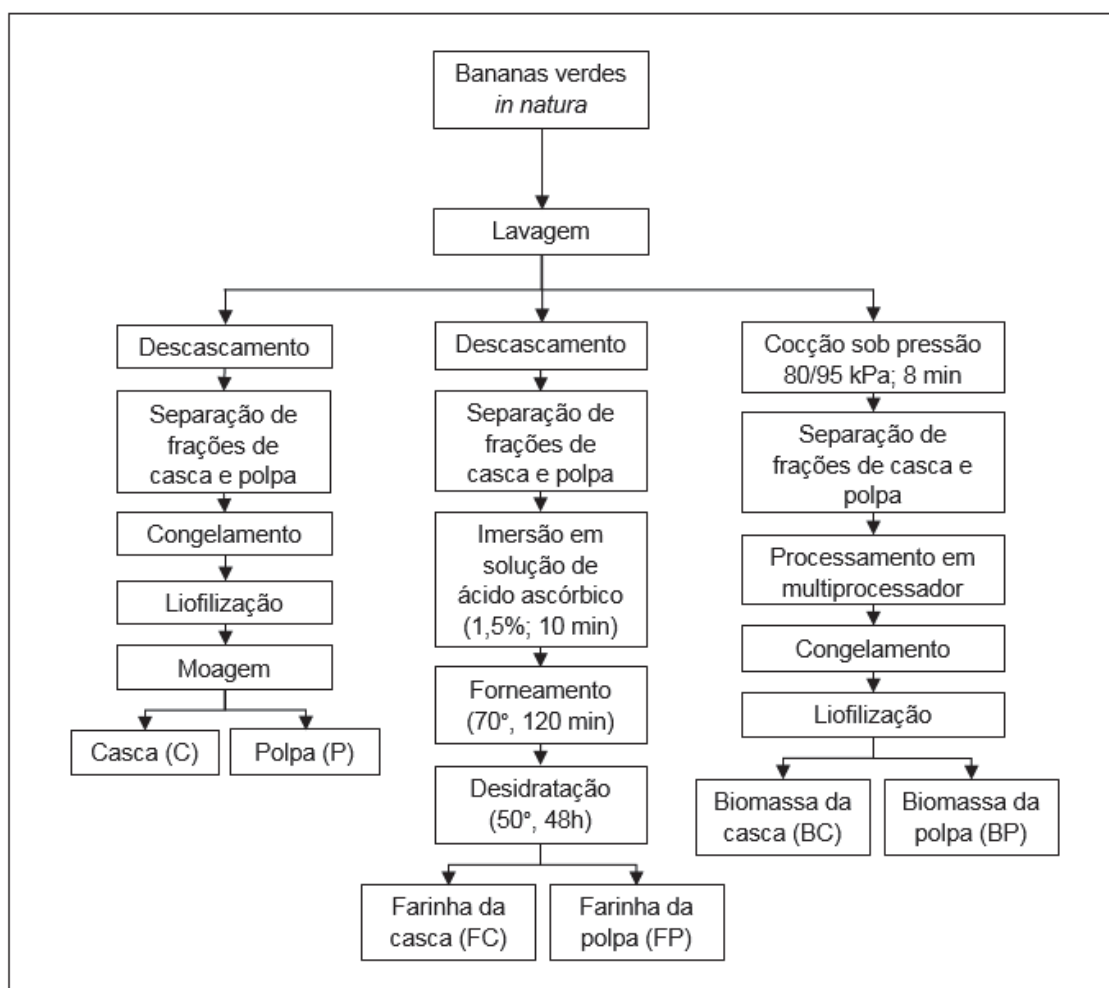
Os frutos foram fatiados no momento da análise, evitando assim alterações de cor que pudessem interferir no resultado. Na polpa a análise foi feita em fatias de aproximadamente 4 mm de espessura, na porção central dos frutos, enquanto na casca foi feita uma fatia na porção central do fruto, isenta de defeitos, com tamanho compatível ao leitor do equipamento utilizado. A cor das cultivares CAV e MAR foi aferida por meio das coordenadas L^*a^* e b^* do sistema Hunter e avaliada a cor da casca e da polpa no dia da coleta.

De forma complementar e objetivando realizar a análise comparativa dos estádios de maturação do fruto colhido para uso ainda imaturo (verde) foi feita a avaliação de cor durante o amadurecimento das bananas da cultivar CAV. Essa cultivar foi escolhida para montagem de uma escala de maturação pelo fato de ser o fruto mais comumente utilizado no preparo dos derivados de banana verde. Durante as análises de colorimetria utilizadas na montagem da escala, os frutos foram mantidos acondicionados em temperatura controlada ($19^{\circ}\text{C} \pm 1$) pelo período de 14 dias.

3.2 PROCESSAMENTO DAS CULTIVARES

As amostras de banana verde coletadas das variedades *Musa* AAA, *Cavendish nanica* (CAV) e *Musa* ABB, *Sapientum marmelo* (MAR) (aproximadamente 15 kg de cada cultivar) foram lavadas em água corrente e submetidas a processamento, conforme descrito na FIGURA 6.. De acordo com o tipo de processamento obtiveram-se os seguintes produtos : polpa liofilizada (P), casca liofilizada (C), farinha de polpa (FP), farinha de casca (FC), biomassa de polpa (BP) e biomassa de casca (BC).

FIGURA 6 – ETAPAS DO PROCESSAMENTO DE BANANA VERDE DAS CULTIVARES *Cavendish nanica* (CAV) E *Sapientum marmelo* (MAR)



3.2.1 Obtenção de casca e polpa por liofilização

As bananas verdes *in natura* de ambas as cultivares foram descascadas manualmente (FIGURA 7). As cascas (C) foram picadas e as polpas (P) foram cortadas em fatias de 4 mm de espessura, utilizando-se facas de uso doméstico. Na sequência, tanto as cascas quanto as polpas foram embaladas em sacos de polietileno e congeladas em freezer vertical (Brastemp, - 12°C a -18°C) por quinze dias. Dado este período as amostras foram liofilizadas (Liofilizador Liobras, L101, -40°C) (FIGURA 8) durante sete dias. Por fim foram moídas em moinho de facas (tipo Willye, Star FT 50) (FIGURA 10), embaladas a vácuo e

mantidas em local seco e ao abrigo de luz. A este subgrupo processado por meio da desidratação por liofilização foi nomeado subgrupo “liofilizado”.

FIGURA 7 – ETAPA DE DESCASQUE E CORTE DAS BANANAS



FONTE: A autora (2019)

FIGURA 8 – ETAPA DE LIOFILIZAÇÃO DAS BANANAS



FONTE: A autora (2019)

3.2.2 Obtenção de farinha de polpa e farinha de casca

O processo de descasque e corte das bananas deu-se da mesma maneira realizada no subgrupo submetido à liofilização. Anyasi, Jideani e Mchau (2018) identificaram que o tratamento prévio do fruto com ácido ascórbico (15g/L) preservou melhor conteúdo mineral e de antioxidantes da farinha de banana verde. Portanto as frações de casca e polpa deste grupo receberam tratamento prévio com ácido ascórbico (solução 15g/L de água), por 10 minutos e drenadas por 2 minutos. Em seguida o processo de secagem ocorreu inicialmente em forno industrial (Perfecta Curitiba, Vipinho 0448, por 70°C por quatro ciclos de 30 min, seguido de 50°C por 48h em desidratador, Metalúrgica Lisboa, MLDS) para a obtenção da farinha de ambas as cultivares CAV e MAR (FIGURA 9). Por fim as amostras foram moídas em moinho de facas (tipo Willye, Star FT 50) (FIGURA 10), embaladas a vácuo e mantidas em local seco e ao abrigo de luz. A este subgrupo que passou por processamento de desidratação em forno e desidratador nomeou-se subgrupo “farinha”.

FIGURA 9 – CASCA E POLPA DESIDRATADAS EM FORNO E DESIDRATADOR



FONTE: A autora (2019)

FIGURA 10 – ETAPA DE MOAGEM EM MOINHO DE FACAS



FONTE: A autora (2019)

3.2.3 Obtenção de biomassa de polpa e biomassa de casca

As bananas verdes inteiras, de ambas as cultivares, foram cozidas sob pressão (panela de pressão de aço inoxidável modelo solar, Tramontina 4,5L, 80/95 kPa) com água suficiente até encobrir as bananas, pelo tempo de oito minutos (RIQUETTE et al., 2019). Após este tempo, aguardou-se até a completa exaustão do vapor. As bananas foram então escorridas e descascadas ainda quentes. As cascas e polpas foram homogeneizadas separadamente em processador de alimentos doméstico (KitchenAid 3,75L, modelo KJA16A3ANA00), por 5 minutos, conforme metodologia de Izidoro (2007) e Lucatto, (2013). Os produtos resultantes deste processo foram denominadas biomassa da casca (BC) e biomassa da polpa (BP), conforme apresentado na FIGURA 11. As amostras foram mantidas à temperatura ambiente para que esfriassem.

Como forma de manter a estabilidade da biomassa, as amostras foram acondicionadas em embalagens de polietileno e congeladas em freezer vertical (Brastemp, - 12°C a -18°C) por quinze dias. Dado este período as amostras foram liofilizadas (Liofilizador Liobras, L101, -40°C), durante sete dias (FIGURA 8). Por fim foram moídas em moinho de facas (tipo Willye, Star FT 50) (FIGURA 10), embaladas a vácuo e mantidas em local seco e ao abrigo de luz.

FIGURA 11 – BANANAS VERDES *IN NATURA*, COZIDAS E PROCESSADAS

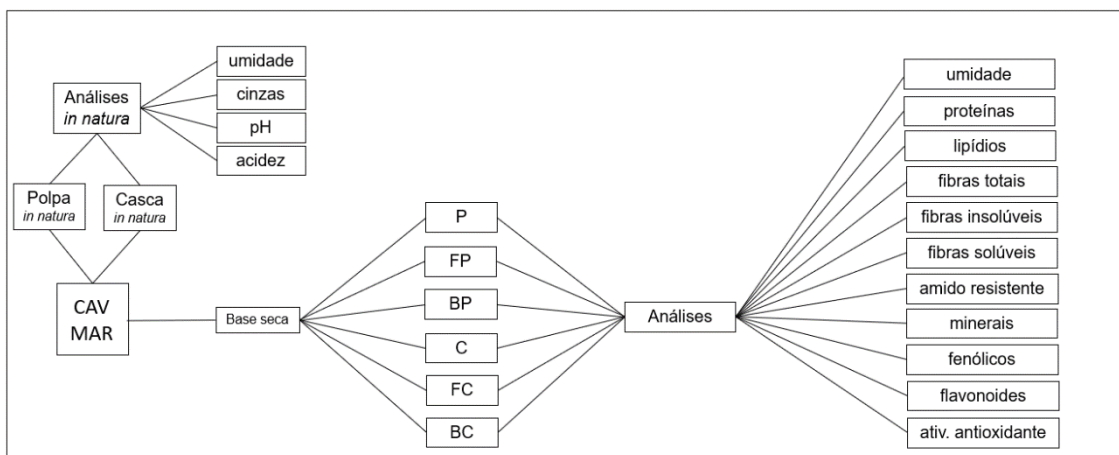
FONTE: A autora (2019)

NOTA: 1. Banana verde *in natura*, 2 Banana verde após 8 minutos de cozimento, 3. Polpa de banana homogeneizada em multiprocessador, 4. Casca da banana após cozimento.

3.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA BANANA VERDE

Na FIGURA 12 são apresentadas as análises realizadas nesta pesquisa com as cultivares CAV e MAR.

FIGURA 12 – ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS REALIZADAS COM AS CULTIVARES CAV E MAR EM BASE SECA E ÚMIDA



NOTA: CAV = *Musa* AAA, *Cavendish nanica*, MAR = *Musa* ABB, *Sapientum marmelo*, P = polpa liofilizada, C = casca liofilizada, FP = farinha da polpa, FC = farinha da casca, BP = biomassa da polpa, BC = biomassa da casca.

3.3.1 Umidade, cinzas, proteínas, lipídeos, acidez e pH

Em ambas as cultivares estudadas foi determinado, em base úmida: umidade, cinzas, potencial hidrogeniônico (pH) e acidez total titulável em

percentagem de ácido málico. Para estas análises o fruto *in natura* foi previamente separado entre casca e polpa e triturado. Todas as pesagens realizadas nesta pesquisa foram feitas em balança de precisão (OHAUS Corporation, Adventurer AR2140).

A umidade das amostras foi quantificada por gravimetria utilizando-se estufa convencional a 105 °C (IAL, 2008). O teor de cinzas foi obtido por meio do método preconizado pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC-940.26/2000). O pH foi determinado em pHmetro digital (AOAC-942.15/2000). E a acidez foi quantificada por titulação com NaOH padronizado e o resultado foi expresso em mL de solução normal (mL/100g), multiplicando-se o valor obtido pelo fator 2 (número de hidrogênios ionizáveis) para expressar o resultado da acidez em ácido málico/100g da amostra (AOAC – 942.15,2000).

Foi utilizada a metodologia oficial AOAC-991.20/2000 (AOAC, 2000), em triplicatas, para a quantificação de proteína bruta, por meio do método de Kjeldahl que determina a matéria nitrogenada total da amostra. Para o cálculo do teor de proteína utilizou-se o fator de conversão do nitrogênio de 5,32 (SOSULSKI; IMAFIDON, 1990).

Para a extração e determinação de lipídios totais se utilizou o método de Bligh e Dyer (1959), com amostras de 3 g em triplicatas. Por meio do isolamento da camada clorofórmica, foi obtido o extrato lipídico purificado.

3.3.2 Determinação do amido resistente (AR)

A análise do teor de AR foi realizada a partir do método de Gõni et al. (1997) adaptado.

Pesou-se inicialmente 100 mg de cada amostra e adicionou-se 3mL de solução tampão trismaleato seguido de agitação térmica (30 °C) por 30 minutos. Foi adicionado 450 µL da enzima alfa-amilase pancreática (10 mg/mL) e 10 µL da amiloglucosidase (3 U/mL) e mantido à temperatura ambiente por 16 h. Após este período foram feitas três lavagens com etanol, uma com 4 mL de etanol 99% e duas com 8 mL de etanol 50% e centrifugado a 3000 rpm por 10 minutos. O conteúdo foi disposto em *eppendorfs* identificados para o sobrenadante (identificado como fração do amido digerível), em triplicatas de 1 mL. O precipitado foi então solubilizado em solução 2 M de KOH, com 2 mL em cada

tubo, os quais foram submetidos ao banho de gelo por agitação manual intensa por 20 minutos. Os tubos foram então centrifugados por 10 minutos e o sobrenadante obtido nesta etapa coletado e disposto nos *ependorfs* identificados em quadruplicatas (fração do amido resistente). Os materiais foram mantidos congelados. A quantificação da glicose foi realizada por meio do uso do reagente de glicose em kit de hexoquinase e a leitura realizada em espectrofotômetro LabMax 400. Foi realizado o cálculo final do teor de AR, conforme a equação: $AR = \text{leitura fração não digerível (mg/dL)} \times (100/\text{peso da amostra}) \times 0,9$, e o resultado expresso em g/100g.

3.3.3 Determinação de fibra alimentar total (FT), fibra insolúvel (FI) e fibra solúvel (FS)

A determinação de fibras foi realizada pelo método da AOAC-985.29/2000 adaptada (AOAC, 2000). O método enzimático/gravimétrico baseia-se na gelatinização e hidrólise parcial do amido com α -amilase termoresistente, seguida de hidrólise proteica com enzima protease e do amido residual, com a adição de amiloglucosidase. Após essas etapas obteve-se a FI por meio da filtração sob ligeiro vácuo (Velp científica, CSF 6 Filtration System), onde o resíduo retido é a FI, quantificada após resfriamento e secagem em dessecador. O filtrado obtido nessa etapa é então precipitado com etanol 78% e 95%, seguido de filtração, secagem e quantificação da FS. Após a secagem e pesagem dos resíduos foram determinados os teores de proteínas e cinzas do resíduo, para o cálculo por diferença. A FT foi quantificada a partir da soma das frações FI e FS. O resultado final foi expresso em g/100g.

3.3.4 Quantificação de minerais

A análise de minerais foi realizada por espectrometria de emissão ótica por plasma acoplado indutivamente (ICP OES). Pesou-se, em balança analítica 70,0 mg de amostra em béquer de 50 mL sendo adicionado 6,0 mL de ácido nítrico e levada a banho ultrassom por 15 min. Após, a mistura foi aquecida em chapa de elétrica a 70 °C e adicionado 1,0 mL de água oxigenada 35% e homogeneizada. Ao cessar a liberação de bolhas, foi adicionado mais uma

alíquota de 1,0 mL de água oxigenada 35%, totalizando 2,0 mL de água oxigenada, e repetida a homogeneização. A mistura foi mantida sob aquecimento por 20 minutos ou até cessar a liberação de bolhas. Após atingir a temperatura ambiente, a mistura foi transferida para um balão volumétrico de 25 mL completando o volume com água deionizada. A solução foi filtrada em filtro seringa de 0,45 µm sendo encaminhada para determinação instrumental.

Para a determinação dos parâmetros de desempenho do método de digestão foram preparadas sete soluções da prova em branco, os quais continham as mesmas concentrações dos reagentes utilizados na digestão das amostras sendo também submetidas às mesmas etapas do processo de digestão.

Para as determinações instrumentais via ICP OES foi preparada uma curva analítica dos elementos, a partir de um padrão multielementar 1000 mgL⁻¹ AccuStandard (New Haven, USA), as soluções foram estocadas sob refrigeração, protegidas da luz, mantendo a estabilidade por 30-45 dias. Foi então utilizado o ICP OES (Thermo Scientific, modelo iCAP 6500). Para o transporte das soluções, capilares (Orange/White) 0,64 mm d.i, marca Meinhard Galss Products (USA). Os parâmetros instrumentais são apresentados no QUADRO 2.

QUADRO 2 – PARÂMETROS INSTRUMENTAIS ICP OES

Radiofrequência	40 MHz
Potência de radiofrequência (RF)	1,15 kW
Vazão do gás do plasma	12,0 L min ⁻¹
Vazão do gás auxiliar	0,5 L min ⁻¹
Vazão do gás de arraste	0,7 L min ⁻¹
Tempo de estabilização	10 s
Replicatas	3
Tocha	Quartzo, vista axial
Linhas analíticas (nm)	Ag 328,068 (I); Al 396,152 (I); B 249,773 (I); Ba 455,403 (II); Bi 223,061 (I); Ca 422,673 (I); Cd 226,502 (II); Co 228,616 (II); Cr 283,563 (II); Cu 327,395 (I); Fe 238,204 (II); K 766,490 (I); Li 670,784 (I); Mg 280,270 (II); Mn 257,610 (II); Mo 281,6 ; Na 589,595 (I); Ni 231,604 (II); P 214,9; Pb 220,353 (II); S 182,034 (I); Zn 213,856 (I).

NOTA: (I) Linhas de emissão atômicas; (II) Linhas de emissão iônicas.

A partir da definição das linhas analíticas, os parâmetros de desempenho foram determinados. Para o cálculo dos limites de detecção (LOD, do inglês *Limit of Detection*) e limites de quantificação (LOQ, do inglês *Limit of Quantification*)

foram preparadas curvas analíticas na faixa de 0 a 2,0 $\mu\text{g L}^{-1}$ a partir de um padrão multielementar. O LOD foi calculado como 3 vezes a estimativa do desvio padrão de 7 medidas da prova em branco, divididos pelo coeficiente angular de cada curva analítica, e o LOQ, calculado como 10 vezes a estimativa do desvio padrão de 7 medidas da prova em branco divididos pelo coeficiente angular de cada curva analítica. Os valores dos limites são apresentados no QUADRO 3.

QUADRO 3 – VALORES DE LOD E LOQ PARA OS ELEMENTOS

ELEMENTO	LOD (mgL^{-1})	LOQ (mgL^{-1})
Al	0,029	0,098
B	0,015	0,050
Ca	0,11	0,36
Fe	0,051	0,17
K	0,023	0,075
Mg	0,011	0,036
Na	0,39	1,31
P	0,50	1,60
S	0,036	0,12
Zn	0,036	0,12
Ag	0,42	1,41
Ba	5,3	17,64
Bi	3,00	10,0
Cd	0,21	0,70
Co	0,54	1,80
Cr	5,00	17,00
Cu	1,10	3,50
Li	0,12	0,40
Mn	0,70	2,30
Mo	3,50	12,00
Pb	3,30	11,00

NOTA Elementos químicos analisados: Al – Alumínio, B – Boro, Ca – Cálcio, Fe – Ferro, K – Potássio, Mg – Magnésio, Na – Sódio, P – Fósforo, S – Enxofre, Zn – Zinco, Ag – Prata, Ba – Bário, Bi – Bismuto, Cd – Cádmio, Co – Cobalto, Cr – Cromo, Cu – Cobre, Li – Lítio, Mn – Manganês, Mo – Molibdênio, Pb – Chumbo

Os valores de LOD e LOQ foram determinados com base na intensidade do sinal da solução em que os analitos não estão presentes, denominado prova em branco. Para a determinação dos limites referentes ao método analítico foram considerados na prova em branco os demais componentes da matriz da solução, ou seja, todos os outros componentes da amostra nos quais o analito estava inserido.

3.3.4.1 Formulação teórica de farinha e biomassa de banana verde (25% casca e 75% polpa)

Foi elaborada uma formulação teórica de farinha de banana verde e outra de biomassa. Ambas com 25% de casca e 75% de polpa. Para tanto utilizou-se o fator de conversão em umidade, da matéria seca para matéria úmida aos resultados da biomassa de banana verde quantificados em base seca. A composição em minerais, resultante dessas formulações, foi analisada com base na medida de 1 colher de sopa do produto. Para farinha utilizou-se 1 colher de sopa equivalente à 10g de farinha e para biomassa 1 colher de sopa equivalente à 30g de biomassa.

3.3.5 Análise de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e atividade antioxidante

Inicialmente foram preparados os extratos das amostras liofilizadas e desidratadas. Foi realizado processo de maceração de acordo com a metodologia adaptada de Popovic et al. (2020), Garcia – Cruz et al. (2017) e Pantelic et al. (2016). Foram pesados 0,5 g de cada amostra (em duplicatas), em tubos Falcon e foram adicionados 10 mL de metanol 80% acidificado (ácido clorídrico 0,1%). Os tubos foram então submetidos à agitação e mantidos em banho ultrassônico à temperatura 30 ± 5 °C. Foram centrifugados a 3000 rpm e o sobrenadante foi retirado. A fase sólida foi submetida a uma segunda extração similar. Os sobrenadantes foram combinados, filtrados e armazenados a -20 °C ± 2 °C até o momento da análise.

O método de TFC utilizado foi descrito por Jia et al. (1999) e a absorbância medida em 540 nm. O método empregado na quantificação do TPC foi de Singlenton e Rossi (1965), e a absorbância medida em 690nm. Estas análises foram executadas em quadruplicata. A atividade antioxidante dos extratos de banana verde foram mensurados pelos métodos de *Ferric Reducing Antioxidant Power* (FRAP), pela captura do radical 2,2-difenil-1picril-hidrazil (DPPH) e pelo método de captura do radical 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) (ABTS).

Para a análise da atividade antioxidante por FRAP, DPPH e ABTS foram utilizadas as metodologias descritas por Benzie e Strain (1996), Blois (1958) modificado por Brand –Williams, Cuvelier e Berset (1995) e Re et al. (1999).

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foram realizadas comparações entre cultivares, entre partes comestíveis e entre processamentos. Os resultados foram expressos como média e desvio padrão (DP). Nas análises de dimensionamento dos frutos foi apresentada a mediana dos valores obtidos seguida dos valores máximos e mínimos. Foi realizada análise da variância (ANOVA), num intervalo de confiança de 95 % seguida do teste de Tukey para avaliar a diferença entre médias. A correlação de Pearson foi empregada para: a análise da relação entre as coordenadas de cor e o teor de sólidos solúveis no processo de amadurecimento da banana; para a correlação entre o teor de compostos fenólicos totais e flavonoides à atividade antioxidante das cultivares. Para o tratamento estatístico dos dados utilizou-se o software IBM SPSS *Statistics*, versão 26.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DAS CULTIVARES

As cultivares estudadas apresentaram diferença estatística para massa e diâmetro ($p < 0,05$), contudo, suas alturas foram estatisticamente iguais. A cultivar MAR apresentou massa 28% maior e diâmetro 37% maior do que a cultivar CAV (TABELA 4).

TABELA 4 – DIMENSÕES DA BANANA VERDE DAS CULTIVARES CAV E MAR

Amostras	Altura (mm)	Mín.	Máx.	Massa (g)	Mín.	Máx.	Diâmetro (cm)
CAV	146,72 ¹	113,81	208,35	123,60 ¹	77,00	169,20	11,71 ² ± 0,5
MAR	147,99 ¹	130,33	168,17	158,98 ¹	126,61	223,51	16,08 ² ± 0,9

NOTA: CAV = *Musa* AAA, *Cavendish nanica*, MAR = *Musa* ABB, *Sapientum marmelo*, 1 = valores expressos em mediana, 2 = valores expressos em média e DP

Quanto à qualidade dos frutos utilizados, as amostras foram categorizadas com presença de defeitos leves (FIGURAS 13 e 14), considerados danos mecânicos superficiais, que não impedem seu consumo (CEAGESP, 2006). As ranhuras presentes na cultivar MAR são próprias da espécie, não sendo caracterizadas como defeito.

FIGURA 13 – DEFEITOS ENCONTRADOS NA CULTIVAR CAV



FONTE: a autora (2018)

FIGURA 14 - DEFEITOS ENCONTRADOS NA CULTIVAR MAR



FONTE: a autora (2019)

Acerca do rendimento, é apresentada na TABELA 5 as proporções de casca e polpa das cultivares, sendo observado aproximadamente a distribuição de 25% casca e 75% polpa por fruto.

TABELA 5 – PROPORÇÃO DE CASCA E DE POLPA POR CULTIVAR

Cultivares	Fração	Proporção (%) entre casca e polpa
CAV	Casca	24%
	Polpa	76%
MAR	Casca	29%
	Polpa	71%

NOTA: CAV = *Musa* AAA, *Cavendish nanica*, MAR = *Musa* ABB, *Sapientum marmelo*

4.1.1 Análise de cor

4.1.1.1 Escala de maturação da CAV

Foram obtidas as leituras de cor no intervalo de 14 dias, conforme demonstrado na TABELA 6. Observou-se na escala de maturação da cultivar CAV que o valor de luminância (L), ou seja, a variação do branco (100) ao preto (0), manteve-se entre 56,9 e 58,6% na casca do fruto e entre 82,8 e 69,3% na polpa do fruto, indicando, como esperado, que na polpa a cor tende mais ao branco do que na casca. E ainda, quanto mais imaturo o fruto maior o valor de luminância da polpa, ou seja, mais próximo ao branco ela está, já a casca manteve valores de luminância mais baixos, porém mais lineares para essa coordenada.

As coordenadas a^* e b^* da escala de maturação indicam a gama de cores entre o verde ($-a$) e vermelho ($+a$) e entre o azul ($-b$) e amarelo ($+b$), respectivamente. Dessa forma, percebe-se que os resultados identificados em a^* para casca vão de -11,5 a 3 com uma pequena variação no segundo dia (-12,3). Para a polpa o intervalo é de 2,8 a 6,3, com uma pequena variação no segundo dia (3,1). Esses resultados demonstram que conforme o fruto amadurece, casca e polpa ficam mais distantes do verde, tendendo a tons mais claros. Para a coordenada b^* os valores da casca foram de 37,2 a 42,4. E da polpa de 23,9 a 36,7. Os resultados indicam que o fruto amadureceu na casca e na polpa de forma a se aproximar cada vez mais dos tons mais próximos ao amarelo.

TABELA 6 – COORDENADAS DE HUNTER E SÓLIDOS SOLÚVEIS DA BANANA CAV NOS DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO

Dia	P.c.	C	h	L	a^*	b^*	a/b	a/b^2	Sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix)
1	C	38,96	107,24	56,90	-11,55	37,21	-0,31	0,10	3,57
		$\pm 1,50$	$\pm 0,64$	$\pm 2,10$	$\pm 0,54$	$\pm 1,45$	$\pm 0,31$	$\pm 0,10$	$\pm 0,60$
	P	24,03	83,44	82,80	2,76	23,87	0,12	0,01	12,83
2	C	$\pm 2,02$	$\pm 0,65$	$\pm 3,21$	$\pm 0,50$	$\pm 1,98$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$	$\pm 3,10$
		39,02	108,33	52,56	-12,27	37,04	-0,33	0,11	5,30
	P	$\pm 0,95$	$\pm 0,64$	$\pm 1,61$	$\pm 0,55$	$\pm 0,90$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$	$\pm 1,10$
6	C	23,77	82,48	74,75	3,11	23,56	0,13	0,02	18,87
		$\pm 0,51$	$\pm 0,51$	$\pm 1,82$	$\pm 0,15$	$\pm 0,53$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$	$\pm 0,50$
	P	44,32	101,02	57,38	-8,49	43,50	-0,19	0,04	7,20
9	C	$\pm 3,44$	$\pm 0,60$	$\pm 1,06$	$\pm 1,00$	$\pm 3,33$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$	$\pm 1,72$
		26,09	82,75	83,45	3,29	25,88	0,13	0,02	19,07
	P	$\pm 0,44$	$\pm 0,25$	$\pm 0,87$	$\pm 0,14$	$\pm 0,44$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$	$\pm 0,96$
10	C	39,74	98,87	57,10	-6,08	39,27	-0,16	0,03	6,30
		$\pm 1,46$	$\pm 2,90$	$\pm 0,61$	$\pm 1,83$	$\pm 1,70$	$\pm 0,05$	$\pm 0,01$	$\pm 0,90$
	P	25,91	81,77	76,65	3,72	25,64	0,14	0,02	19,33
13	C	$\pm 2,16$	$\pm 0,64$	$\pm 1,19$	$\pm 0,60$	$\pm 2,09$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$	$\pm 0,60$
		42,69	96,38	59,91	-4,75	42,43	-0,11	0,01	7,40
	P	$\pm 0,66$	$\pm 0,07$	$\pm 2,63$	$\pm 0,02$	$\pm 0,66$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$	$\pm 2,60$
16	C	28,13	79,92	76,41	4,94	27,69	0,18	0,03	19,65
		$\pm 1,43$	$\pm 1,26$	$\pm 3,92$	$\pm 0,83$	$\pm 1,32$	$\pm 0,02$	$\pm 0,01$	$\pm 0,07$
	P	43,07	92,46	57,86	-1,90	43,01	-0,04	0,00	9,30
16	C	$\pm 2,79$	$\pm 1,91$	$\pm 1,78$	$\pm 1,54$	$\pm 2,73$	$\pm 0,03$	$\pm 0,01$	$\pm 1,84$
		31,62	81,17	78,12	4,85	31,24	0,16	0,02	14,8
	P	$\pm 2,62$	$\pm 0,21$	$\pm 3,12$	$\pm 0,34$	$\pm 2,60$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$	$\pm 3,40$
16	C	42,58	85,78	58,61	3,05	42,44	0,07	0,00	10,93
		$\pm 3,13$	$\pm 2,50$	$\pm 1,21$	$\pm 1,69$	$\pm 3,23$	$\pm 0,04$	$\pm 0,01$	$\pm 1,11$
	P	37,26	80,29	69,27	6,29	36,73	0,17	0,03	20,60
16	C	$\pm 0,50$	$\pm 0,13$	$\pm 0,60$	$\pm 0,06$	$\pm 0,50$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$	$\pm 2,46$
		42,58	85,78	58,61	3,05	42,44	0,07	0,00	10,93
	P	37,26	80,29	69,27	6,29	36,73	0,17	0,03	20,60

NOTA: Resultados apresentados como média e desvio padrão. P.c. = parte comestível, P = polpa, C = casca, C = índice de saturação (chroma), h = ângulo do arctan, L = luminância, a^* = coordenada dos tons de verde (-) ao vermelho (+), b^* = coordenada dos tons de azul (-) ao amarelo (+), a/b e a/b^2 = relação entre as coordenadas a^* e b^*

Conforme descrito por Falcomer et al. (2019), a utilização alimentar da banana verde geralmente se dá com os frutos dos estádios 1 e 2 de maturação, com valores, para as cascas, nas coordenadas: L 56 a 68%, a^* -20 a -15, e b^* 33 a 38. Como observado na TABELA 6, os valores de L para os dias 1 e 2 mantiveram-se entre 53 e 57%, adequado aos estádios 1 e 2 de maturação da banana. Para a coordenada a^* , como visto, os resultados para os dias 1 e 2 ficaram entre -12 e -11, indicando que, nesta pesquisa, os frutos apresentaram tonalidade menos verde do que o indicado na literatura para os estádios correspondentes. A coordenada b^* quantificada em 37, para os dois primeiros dias de maturação indica que, conforme a literatura, os frutos apresentaram tonalidade de amarelo compatível aos estádios 1 (totalmente verde) e 2 (verde com traços amarelos) de maturação da banana.

Foi calculada também a tonalidade de cor (ângulo do arctan, h) para as coordenadas encontradas, visto que este índice é utilizado para expressar a variação de cores. O valor h varia de 0 = vermelho, 90 = amarelo e 180 = verde. Durante o amadurecimento da banana os valores de h variam no intervalo de 105 a 110 (amarelo ao verde), reduzindo para 75 a 85 (vermelho ao amarelo) quando o fruto amadurece (FACUNDO et al., 2015). Dessa forma, observa-se na escala construída que os valores de h reduzem de 107 a 85 conforme o fruto amadurece, corroborando o descrito pela literatura. Dessa forma entende-se que a escala de maturação construída para a cultivar CAV, além de ser um bom instrumento para se classificar os estádios de maturação da casca e da polpa da banana, indica também que estas coordenadas podem ser utilizadas como referência para a classificação de cor do fruto utilizado como material vegetal nesta pesquisa.

Outro parâmetro de cor analisado foi a saturação (chroma, C). É possível perceber que conforme o fruto amadurece, o valor de C segue valores crescentes, indicando aumento na intensidade de cor nos estádios finais de maturação.

A escala de maturação foi acompanhada da análise do teor de sólidos solúveis da banana verde. Na TABELA 6 observa-se, na casca, valores entre 3,6 e 10,9 °Brix. Na polpa os valores vão de 12,8 a 20,6 °Brix, corroborando o descrito por Wall (2006) que observou teor de sólidos solúveis em bananas maduras entre 17,9 °Brix e 20,5 °Brix.

Afim de se avaliar estatisticamente a relação entre o amadurecimento e o teor de sólidos solúveis, obteve-se também a correlação entre as coordenadas a^* e b^* (a/b e a/b^2). Ao se observar os valores de sólidos da casca, nota-se uma correlação forte ($a/b^2 = 0,831$) a muito forte ($a/b = 0,948$). Já na polpa foi identificada correlação moderada entre o teor de sólidos e o amadurecimento ($a/b^2 = 0,517$ e $a/b = 0,531$). Assim, conforme o fruto amadurece, o teor de sólidos solúveis também aumenta, tanto na polpa quanto na casca, sendo que a polpa apresenta valores duas a três vezes superior ao da casca. Resultados semelhantes foram descritos por Salvador; Sanz; Fiszman (2007), onde foi observado que até o terceiro dia de maturação o teor de sólidos na casca de bananas da cultivar *Musa* AAA, subgrupo Cavendish é inferior a 5°Brix, no quarto dia eleva-se a 10°Brix e do oitavo ao décimo segundo dia se mantém entre 15 e 20 °Brix.

4.1.1.2 Identificação de cor das cultivares no dia da coleta das amostras

No dia da coleta foi realizada a análise de cor das amostras utilizadas nesta pesquisa, TABELA 7. Quando comparados à escala de maturação (TABELA 6), os valores encontrados para cultivar CAV confirmaram que os frutos utilizados neste estudo se apresentavam nos estádios iniciais de maturação (1 e 2). Já os resultados obtidos pelas coordenadas de cor indicaram que, na cultivar MAR, o estágio de maturação parece estar ainda anterior ao estágio 1 descrito na escala de maturação da CAV. Contudo ressalta-se que a casca da MAR apresenta tonalidades arroxeadas (indicadas pela coordenada b^* e comprovadas visualmente) e polpa mais clara, diferentes da CAV, de forma que os valores de coordenadas dessa cultivar embora possam indicar estádios iniciais de maturação, para valores mais exatos, precisariam ser comparados a partir de uma escala da mesma cultivar.

TABELA 7 – COORDENADAS DE HUNTER DAS CULTIVARES CAV E MAR NA COLETA

Cultivares	P.c.	C	h	L	a*	b*
CAV	C	39,81	108,19	52,07	-12,41	37,83
		±1,55	±1,05	±3,15	±0,34	±1,68
	P	23,33	80,16	80,85	4,02	22,96
		±1,00	±2,94	±3,30	±1,32	±0,81
MAR	C	22,93	101,81	54,22	-4,73	22,44
		±3,9	±1,16	±3,94	±1,24	±3,68
	P	18,27	84,81	88,98	1,76	18,17
		±3,36	±2,91	±1,04	±1,32	±3,24

CAV = *Musa* AAA, *Cavendish nanica*, MAR = *Musa* ABB, *Sapientum marmelo*

P.c. = parte comestível, P = polpa, C = casca, C = índice de saturação (chroma), h = ângulo do arctan, L = luminância, a* = coordenada dos tons de verde (-) ao vermelho (+), b* = coordenada dos tons de azul (-) ao amarelo (+), a/b e a/b² = relação entre as coordenadas a* e b*

4.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA BANANA VERDE

Na comparação entre as cultivares CAV e MAR foram observadas diferenças estatísticas quanto à caracterização físico-química do fruto *in natura* para umidade, pH, acidez e cinzas, conforme apresentado na TABELA 8.

TABELA 8 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS FRUTOS *IN NATURA*

Cultivares	P.c.	Umidade (%)	pH	Acidez (mg/100g)*	Cinzas (%)
CAV	P	73,14 ^d	5,96 ^c	0,21 ^b	0,90 ^c
		±0,32	±0,10	±0,02	±0,03
	C	91,67 ^a	6,44 ^b	0,10 ^c	1,29 ^a
		±0,07	±0,16	±0,01	±0,03
MAR	P	77,11 ^c	5,85 ^c	0,26 ^a	0,98 ^c
		±0,21	±0,05	±0,01	±0,01
	C	87,21 ^b	7,06 ^a	0,06 ^c	1,17 ^b
		±0,05	±0,18	±0,01	±0,03

NOTA: Comparações entre amostras realizadas por coluna, letras diferentes indicam diferença estatística (p<0,05). CAV = *Musa* AAA, *Cavendish nanica*, MAR = *Musa* ABB, *Sapientum marmelo*, P.c. = parte comestível, P = polpa, C = casca.

*valores expressos em mg de ácido málico/100g

Verificou-se que as cascas de ambas as cultivares apresentaram teor de umidade superior às polpas. Com destaque para a casca da CAV (91,67%), a qual apresentou o maior teor dentre todas as amostras analisadas. Acerca do potencial hidrogeniônico (pH) analisado, foram registrados valores superiores de pH para as cascas (próximos à neutralidade), em ambas as cultivares (CAV – 6,44 e MAR – 7,06) em relação às polpas (CAV – 5,96 e MAR – 5,85). Importante

notar que, entre cultivares, as polpas apresentaram valores estatisticamente iguais de pH. A análise de acidez (expressa em ácido málico) indicou valores de acidez mais elevados para as polpas, em relação às cascas, com destaque para a polpa da cultivar MAR (0,26 mg/100g), que apresentou maior acidez do que a polpa da CAV (0,21 mg/100g). Para as cascas de ambas as cultivares, não houve diferença estatística.

Os valores obtidos por meio da análise do teor de cinzas das amostras estudadas indicaram maior concentração nas cascas de ambas as cultivares, com destaque para a casca da CAV (1,29%), a qual apresentou o maior teor dentre em demais. As polpas de ambas as cultivares apresentaram estatisticamente a mesma concentração de cinzas.

Sendo assim, conclui-se que para as análises de umidade, pH, acidez e cinzas, ambas as cultivares *in natura* apresentam comportamento similares entre casca (maior umidade e cinzas) e polpa (pH e acidez). Contudo, a cultivar CAV apresentou teores de umidade e cinzas superiores à MAR, enquanto nesta identificou-se menor pH e maior teor de acidez em relação à CAV.

Nas TABELAS 9 e 10 foram descritos os resultados da composição em proteínas, lipídios, amido resistente, fibras totais, fibras solúveis e insolúveis das cultivares estudadas (CAV e MAR). Os resultados foram apresentados de forma comparativa entre as cultivares, partes comestíveis e entre tipos de processamento: polpa liofilizada (P), casca liofilizada (C), farinha da polpa (FP), farinha da casca (FC), biomassa da polpa (BP) e biomassa da casca (BC).

TABELA 9 – COMPOSIÇÃO DA BANANA VERDE CONFORME A CULTIVAR, PARTE COMESTÍVEL E TIPO DE PROCESSAMENTO

Cultivares (m.s.)	P.c.	UMD. (%)	PTN (%)	LIP (%)
CAV	P	5,84 ^b ±0,05	3,17 ^f ±0,05	0,95 ^d ±0,04
	FP	5,74 ^b ±0,02	2,77 ^f ±0,15	0,99 ^d ±0,07
	BP	4,75 ^c ±0,06	3,94 ^{de} ±0,71	0,28 ^e ±0,01
	C	6,81 ^a ±0,08	6,51 ^a ±0,17	4,94 ^{bc} ±0,05
	FC	4,13 ^c ±0,12	5,91 ^{abc} ±0,27	4,52 ^c ±0,01
	BC	5,72 ^b ±0,09	5,35 ^c ±0,20	5,43 ^b ±0,80
MAR	P	2,14 ^d ±0,19	3,20 ^{ef} ±0,08	0,94 ^d ±0,42
	FP	7,44 ^a ±0,50	3,96 ^{de} ±0,04	0,80 ^{de} ±0,03
	BP	1,86 ^d ±0,02	2,77 ^f ±0,13	0,45 ^{de} ±0,01
	C	2,59 ^d ±0,03	6,32 ^{ab} ±0,05	6,21 ^a ±0,12
	FC	5,67 ^b ±0,34	5,69 ^{bc} ±0,07	6,35 ^a ±0,07
	BC	2,37 ^d ±0,60	4,44 ^d ±0,17	4,61 ^c ±0,07

NOTA: CAV = *Musa* AAA, *Cavendish nanica*, MAR = *Musa* ABB, *Sapientum marmelo*, m.s. = valores apresentados em matéria seca. Nas colunas, as médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$), P.c. = parte comestível, P = polpa liofilizada, C = casca liofilizada, FP = farinha da polpa, FC = farinha da casca, BP = biomassa da polpa, BC = biomassa da casca, UMD.= Umidade, PTN = proteínas, LIP= lipídios

4.2.1 Análise comparativa entre cultivares

Foi observada diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre cultivares, em uma ou mais frações analisadas (P, FP, BP, C, FC, BC), para os teores de proteínas, lipídios, amido resistente, fibra alimentar total, fibras insolúveis e fibras solúveis (TABELAS 9 e 10).

TABELA 10 – COMPOSIÇÃO EM AR, FT, FS E FI DA BANANA VERDE CONFORME A CULTIVAR, TIPO DE PROCESSAMENTO E PARTE COMESTÍVEL

Cultivares (m.s.)	P.c.	AR (%)	FT (%)	FS (%)	FI (%)
CAV	P	15,37 ⁱ ±1,85	8,59 ⁱ ±0,02	1,75 ^{bcd} ±0,10	6,84 ⁱ ±0,07
	FP	19,01 ^f ±0,88	14,88 ^g ±0,22	0,54 ^{cde} ±0,06	14,34 ^f ±0,16
	BP	65,36 ^b ±1,15	10,72 ^h ±0,05	n.d.	10,95 ^g ±0,10
	C	37,01 ^d ±9,10	43,11 ^c ±0,36	5,15 ^a ±0,23	37,95 ^c ±0,13
	FC	46,15 ^c ±0,72	55,98 ^a ±0,35	3,33 ^{ab} ±0,70	52,66 ^a ±1,05
	BC	61,52 ^b ±1,83	29,39 ^e ±0,51	1,86 ^{bcd} ±0,20	27,52 ^d ±0,31
MAR	P	21,16 ^{ef} ±0,01	11,13 ^h ±0,51	2,02 ^{bc} ±0,51	9,12 ^h ±0,01
	FP	41,13 ^{cd} ±2,13	8,71 ⁱ ±0,13	0,58 ^{cde} ±0,08	8,13 ^{hi} ±0,21
	BP	79,87 ^a ±1,32	10,15 ^{hi} ±0,10	1,89 ^{bcd} ±0,11	8,25 ^{hi} ±0,21
	C	26,54 ^e ±0,44	38,50 ^d ±0,22	0,29 ^{cde} ±0,11	38,20 ^c ±0,11
	FC	40,67 ^{cd} ±0,72	49,95 ^b ±0,58	1,73 ^{bcd} ±0,22	48,22 ^b ±0,80
	BC	68,58 ^b ±0,51	25,29 ^f ±1,24	n.d.	25,28 ^e ±0,16

NOTA: CAV = *Musa* AAA, *Cavendish nanica*, MAR = *Musa* ABB, *Sapientum marmelo*, m.s. = valores apresentados em matéria seca, n.d. = não determinado. Nas colunas, as médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$), P.c. = parte comestível, P = polpa liofilizada, C = casca liofilizada, FP = farinha da polpa, FC = farinha da casca, BP = biomassa da polpa, BC = biomassa da casca, AR = amido resistente, FT = fibras totais, FS = fibras solúveis, FI = fibras insolúveis

Os resultados de proteínas encontrados nesta pesquisa foram baixos para as cultivares estudadas (2,8% a 6,5%), dado que a banana verde não é considerada fonte de proteínas (RIQUETTE et al., 2019). Há relatos na literatura de valores superiores de proteínas em bananas de outras cultivares. A *Musa paradisíaca* (AAB) apresentou teor superior à 14% de proteínas na farinha de casca e polpa (ELEAZU; OKAFOR, 2015). Entretanto foram identificadas diferenças estatísticas entre as cultivares CAV e MAR para farinha da polpa,

biomassas da polpa e biomassa da casca. A farinha da polpa da cultivar MAR apresentou teor proteico 30% superior ao observado para CAV – FP. Já a CAV-BP apresentou mais que o dobro do teor proteico encontrado na MAR – BP, e o mesmo ocorreu na biomassa da casca. As demais amostras analisadas apresentaram igualdade estatística para proteínas.

Acerca da extração e quantificação dos lipídios, a casca liofilizada, a farinha da casca e a biomassa da casca apresentaram diferenças entre as cultivares. Em geral, os valores detectados foram baixos (0,28% a 6,35%). Contudo, quantificou-se 25% mais lipídios na casca liofilizada da cultivar MAR, quando comparada à CAV – C, e 40% mais lipídios na farinha da casca da MAR em relação à CAV- FC. Entretanto, para a biomassa da casca, a CAV quantificou 17% mais lipídios do que a MAR – BC. As demais amostras não apresentaram diferença estatística entre as cultivares estudadas, para o teor de lipídios.

Como observado na TABELA 10, o teor de amido resistente (AR) encontrado nas amostras deste estudo variou de 15,4 a 79,9% entre as frações das cultivares analisadas. É consenso na literatura que bananas verdes apresentam alto conteúdo de AR, dado seu grau inicial de maturação. Outros autores encontraram valores entre 13 e 85% de AR, dependendo da cultivar analisada, tipo de processamento e parte comestível (ANDRADE et al., 2018; JIANG et al., 2015; LANGKILDE; CHAMP; ANDERSSON, 2002). Entre as cultivares de banana verde orgânica estudadas, foi observado que a MAR apresentou conteúdo superior de AR tanto na farinha da polpa (2 vezes mais rica em AR), quanto na biomassa da polpa (22% maior), quando comparada às mesmas frações da CAV, sendo quantificado na biomassa da polpa da MAR o maior teor dentre as amostras analisadas. Nesta análise também foi evidenciado que a casca liofilizada da CAV apresentou 39% mais AR em relação à MAR – C. As demais frações não apresentaram diferença estatística importante.

O conteúdo de fibra alimentar total (FT) quantificado em ambas as cultivares apresentou grande variação entre as frações estudadas (8,6 a 56%). Com exceção à biomassa da polpa, todas as demais frações apresentaram diferença significativa entre as cultivares para o teor de FT. A cultivar CAV apresentou conteúdo superior de FT em relação à MAR nas seguintes frações analisadas: farinha da polpa (superior em 71%), casca liofilizada (superior em 12%), farinha da casca (superior em 12%) e biomassa da casca (superior em

16%). Já a MAR, apenas destacou-se no teor de FT da polpa liofilizada, superando a CAV-P em 30%.

A quantificação de fibras insolúveis (FI) foi elevada nas cultivares analisadas, os valores obtidos variaram entre 6,8% a 52,7%, dependendo da fração estudada. A cultivar CAV destacou-se especialmente na quantificação de FI para as frações: farinha da polpa (76% superior) e biomassa da polpa (33%). Os valores obtidos para farinha da casca e biomassa da casca na cultivar CAV também indicaram diferença significativa em relação às mesmas frações da MAR, contudo foi apenas 9% maior para ambas as frações. Já a MAR apresentou maior conteúdo de FI na polpa liofilizada (33% maior), quando comparada à CAV-P, de forma similar ao observado nos resultados de FT. Conforme mostrado na TABELA 10 a CAV não apresentou diferença estatística no teor de FI da casca liofilizada quando comparada à MAR, com valor similar ao observado em outros estudos com diferentes cultivares (AGAMA-ACEVEDO et al., 2016; EMAGA et al., 2007).

O conteúdo de fibras solúveis (FS) encontrado neste estudo (0,29% a 5,15%) foi inferior à FI quantificada nas frações. A casca liofilizada da cultivar CAV quantificou até 18 vezes mais FS em relação à MAR – C. As demais frações não apresentaram diferença estatística significativa entre cultivares.

4.2.2 Análise comparativa entre partes comestíveis

Foi observada diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre partes comestíveis (casca e polpa), em uma ou mais frações analisadas (P, FP, BP, C, FC, BC), para os teores de proteínas, lipídios, amido resistente, fibras totais, fibras insolúveis e fibras solúveis.

Em ambas as cultivares a distribuição proteica entre polpa e casca deu-se de forma similar, indicando valores superiores de proteínas nas cascas liofilizadas, farinhas de casca e biomassas de casca, quando comparadas respectivamente às polpas liofilizadas, farinhas de polpa e biomassas de polpa. Como observado na TABELA 9, as cascas liofilizadas quantificaram em média 2 vezes mais proteínas do que as polpas liofilizadas, nas duas cultivares. Sendo as cascas liofilizadas as frações de maior teor proteico obtido neste estudo, em ambas as cultivares, e não houve diferença estatística entre elas (CAV-C 6,51%

e MAR-C 6,32%). Valor similar foi observado por Emaga et al. (2007) em cascas de banana verde *Musa* AAA (6,3%). A farinha da casca da CAV também apresentou 2 vezes mais proteínas do que a CAV – FP. Outros autores quantificaram valores semelhantes entre 5 e 10% de proteínas na farinha de banana verde (AGAMA-ACEVEDO et al., 2016; ANDRADE et al., 2018). A cultivar MAR demonstrou uma menor diferença, identificada como 44% mais proteínas na MAR – FC quando comparada à MAR – FP. Nas biomassas a CAV – BC foi 36% maior que a CAV – BP, enquanto a MAR – BC apresentou 60% mais proteínas do que a MAR – BP.

A análise comparativa entre partes comestíveis para o teor de lipídios, apresentou comportamento similar às proteínas. Foram as cascas liofilizadas, farinhas de casca e biomassas de casca as frações que quantificaram os maiores teores de lipídios em ambas as cultivares estudadas, sendo superiores às respectivas frações de polpa. Valor similar ao quantificado no presente estudo para as cascas de ambas as cultivares (5 à 6%), foi relatado por Agama – Acevedo et al. (2016) que haviam descrito 5% de lipídios nas cascas. As cascas liofilizadas indicaram 5 à 6 vezes mais lipídios do que as polpas liofilizadas. O teor de lipídios foi 4 à 8 vezes maior nas farinhas de cascas em relação às farinhas de polpa. Nas biomassas as diferenças foram ainda maiores, a CAV – BC apresentou 19 vezes mais lipídios do que a CAV – BP, enquanto a MAR – BC 10 vezes mais do que a MAR – BP.

Curiosamente, na cultivar CAV, a casca liofilizada e a farinha da casca apresentaram teor de AR superior às respectivas frações de polpa da mesma cultivar. Na casca liofilizada da CAV foi observado 2 vezes mais AR em relação à CAV - P, sendo o valor descrito as amostras de polpa liofilizada corroborado pelo estudo recente de Borges et al. (2020) que analisou diferentes cultivares de banana verde e obteve resultados de AR entre 22 e 50%. Na farinha de casca da CAV foi quantificado mais que o dobro de AR em relação à CAV – FP e na biomassa da polpa da MAR encontrou-se 16% mais AR do que na MAR – BC. As demais frações não apresentaram diferença estatística significativa entre casca e polpa.

Por meio da análise comparativa do teor de FT entre as partes comestíveis da banana verde, foi identificado que as cascas liofilizadas, farinhas de casca e biomassas de casca de ambas as cultivares, apresentaram maior

teor de FT em relação às respectivas frações de polpa. Tanto as cascas liofilizadas quanto as farinhas de casca das cultivares CAV e MAR apresentaram de três a cinco vezes mais FT do que suas respectivas frações de polpa. Como observado na TABELA 10, os resultados obtidos nesta pesquisa confirmam os relatos descritos por outros estudos (AGAMA-ACEVEDO et al., 2016; EMAGA et al., 2007) com valores entre 38 e 43% de FT em cascas de banana verde. Foi evidenciado ainda que as biomassas de casca apresentaram duas vezes mais FT em relação às biomassas de polpa.

Assim como descrito para o teor de FT nas partes comestíveis do fruto, os resultados obtidos para FI indicaram padrão semelhante. Cascas liofilizadas, farinhas de casca e biomassas de casca apresentaram mais FI do que as respectivas polpas, em ambas as cultivares estudadas. As cascas liofilizadas quantificaram quatro à cinco vezes mais FI do que as polpas liofilizadas. As farinhas de casca três à seis vezes mais do que as farinhas de polpa. E as biomassas de casca duas à três vezes mais FI em relação às biomassas de polpa.

Para a análise de FS foi identificada diferença estatística significativa apenas na cultivar CAV, nas frações de casca liofilizada (três vezes maior) e farinha da casca (seis vezes superior) em relação às respectivas frações de polpa. A literatura traz valores superiores ao descrito nesta pesquisa quantificando aproximadamente 2,4% de FS para farinha da polpa de banana verde (DA MOTA et al., 2000).

4.2.3 Análise comparativa entre tipos de processamento

Foi observada diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre os tipos de processamento (liofilizado, farinha e biomassa) aplicados às duas cultivares de banana verde orgânica (CAV e MAR), em uma ou mais frações analisadas (P, FP, BP, C, FC, BC), para os teores de proteínas, lipídios, amido resistente, fibras totais, fibras insolúveis e fibras solúveis.

Na cultivar CAV não foi observada diferença estatística significativa entre o processamento da polpa liofilizada e da farinha da polpa para o teor de proteínas. Da Mota et al. (2000) obteve valor similar de proteínas em farinha de polpa de banana verde nanica: 2,8%. A biomassa da polpa, por outro lado,

quantificou 30% mais proteínas do que as outras frações de polpa da mesma cultivar. Já no processamento da casca da CAV houve diferença estatística entre a casca liofilizada e a biomassa da casca, sendo esta 15% menor. A farinha da casca indicou igualdade estatística com a casca liofilizada e com a biomassa da casca.

De forma diferente, a cultivar MAR apresentou valores estatisticamente distintos entre a farinha da polpa e a biomassa da polpa, sendo esta 30% menos proteica que outra. A polpa liofilizada manteve igualdade estatística com FP e BP. No processamento da casca desta cultivar identificou-se 27% menos proteínas na biomassa da casca, enquanto casca liofilizada e farinha da casca mantiveram igualdade estatística. Nesta cultivar é possível sugerir que o processamento da biomassa impactou negativamente no teor proteico, em até 30%, em relação aos outros processos.

Em relação aos lipídios, os resultados na polpa liofilizada e farinha da polpa foram estatisticamente iguais. Outros autores obtiveram valores similares de lipídios em farinha de polpa da banana verde (0,4 à 0,8%) (ANDRADE et al., 2018; DA MOTA et al., 2000). Sabe-se que a banana verde não é considerada fonte de lipídios (RIQUETTE et al., 2019), e nesta cultivar, foi identificada a redução de 70% dos lipídios na fração de biomassa da polpa. Sugere-se que isso se deve à hidrólise lipídica que pode ocorrer quando há a associação da água à alta temperatura no cozimento do fruto (NIEVA-ECHEVARRÍA et al., 2018). No processamento das cascas o comportamento das amostras foi diferente em relação ao teor de lipídios avaliado. A farinha da casca foi 17% menor que a biomassa da casca. Entretanto a casca liofilizada apresentou igualdade estatística à FC e BC.

Na cultivar MAR, o processamento da polpa da banana não impactou estatisticamente no teor de lipídios, mantendo igualdade entre P, FP e BP. Já no processamento da casca dessa cultivar, a fração da casca liofilizada e da farinha da casca não diferiram estatisticamente, entretanto a biomassa da casca apresentou 27% de redução no teor lipídico.

Quanto ao efeito do processamento no teor de AR, diferente do descrito por Eroglu e Buyuktuncer (2017), identificou-se nas biomassas de polpa e casca, de ambas as cultivares, as maiores quantidades deste amido. Sugerindo que este tipo de processamento da banana verde possa ser uma boa alternativa na

orientação nutricional tendo em vista o potencial funcional já conhecido do AR na alimentação humana. Acredita-se que o aumento do AR observado nas biomassas seja decorrente do amido retrogradado formado no processamento, ou seja a formação do AR tipo 3 (EROGLU; BUYUKTUNCER, 2017). Na cultivar CAV observou-se igualdade estatística entre as frações de polpa liofilizada e farinha da polpa, entretanto, na biomassa da polpa dessa cultivar foi quantificado quase quatro vezes mais AR. No processamento das cascas, por outro lado, houve diferença estatística entre todas as frações analisadas (C, FC e BC), sendo a biomassa da casca superior em 66% à casca liofilizada e em 33% à farinha da casca no teor do AR.

No processamento da banana verde da cultivar MAR foi encontrada diferença estatística entre todas as frações de polpa e de casca analisadas. A biomassa da polpa, de forma similar ao observado na CAV, apresentou quase 4 vezes mais AR do que a polpa liofilizada e duas vezes mais que a farinha da polpa. No processamento das cascas dessa cultivar obteve-se na biomassa da casca duas vezes mais AR em relação à casca liofilizada e 68% mais do que a farinha da casca.

Na cultivar CAV foi detectada diferença estatística significativa no teor de FT para todas as frações analisadas. Identificou-se que as farinha de polpa e de casca foram os tipos de processamento dessa cultivar de banana verde que quantificaram as maiores quantidades de fibras totais. A farinha da polpa apresentou 73% mais fibras do que a polpa liofilizada e quase 40% mais do que a biomassa da polpa. Outros estudos também relataram valores semelhantes ao obtido no presente estudo (TABELA 10) no teor de fibras totais da farinha da polpa de banana, indicando resultados entre 6,3 e 15,5% (DA MOTA et al., 2000; JUAREZ-GARCIA et al., 2006). Já no processamento da farinha da casca foi obtido 30% mais FT do que a casca liofilizada e 90% mais do que a biomassa da casca. Essa redução significativa no conteúdo de fibras totais na biomassa pode ser explicado pelo processo de cocção da banana seguido do congelamento reduzir o teor de FT. Riquette et al. (2019) observaram que o tempo de cocção (10 min) seguida pelo congelamento da biomassa teve potencial de reduzir o conteúdo de fibras. Essa redução, de aproximadamente 16%, pode ser atribuída à degradação parcial da fibra insolúvel (celulose,

hemicelulose, lignina) elevando o conteúdo de açúcares simples durante o processo de cocção.

Na cultivar MAR os resultados apresentados demonstram que no processamento da polpa houve diferença estatística apenas entre a polpa liofilizada e a farinha da polpa, sendo que a P foi quase 30% maior em fibras totais do que FP. Já a biomassa da polpa manteve igualdade estatística com P e FP. Já o processamento da casca apresentou comportamento similar ao observado na cultivar CAV. Embora as três frações de casca (C, FC e BC) tenham apresentado diferença estatística, a farinha da casca se sobressaiu no teor de FT. Ela foi quase 30% maior que a casca liofilizada e 97% maior que biomassa da casca.

O conteúdo de fibras insolúveis quantificados nesta pesquisa apresentou diferença estatística em todos os processamentos da cultivas CAV. As farinhas de polpa e de casca se sobressaíram no conteúdo de FI. O teor de fibras insolúveis na farinha da polpa foi duas vezes maior do que da polpa liofilizada e 31% superior ao da biomassa da polpa. O teor de fibras insolúveis encontrado na farinha da polpa, nesta pesquisa (TABELA 10), foi superior ao descrito por Da Mota et al. (2000), que obteve 5,37% de FI em farinha da polpa de banana verde *Musa* AAA nanica. Para as cascas da cultivar CAV, FC foi quase 40% maior que C e 91% maior que BC, no teor de fibras insolúveis.

Na cultivar MAR o processamento não impactou no teor de FI da polpa, sendo P, FP e BP iguais estatisticamente. Já as cascas dessa cultivar apresentaram-se de forma similar ao processamento das cascas da CAV, sendo a farinha da casca 27% maior do que a casca liofilizada e 91% mais do que a biomassa da casca, na cultivar MAR.

Foi constatado o impacto do tipo de processamento, no teor de fibras solúveis, apenas nos testes da cultivar CAV. Como visto na TABELA 10, houve diferença estatística significativa entre as frações de casca liofilizada e biomassa da casca, sendo esta quase três vezes inferior em FS. A farinha da casca apresentou igualdade estatística com C e BC. No processamento da polpa desta cultivar não foi observada diferença entre as frações (P, FP e BP). Da mesma forma, da cultivar MAR, parece não ter havido, estatisticamente, influência do processamento sobre o teor de FS tanto na polpa (P, FP e BP) quanto na casca (C, FC e BC). Contudo ressalta-se que os resultados de FS apresentados nesta

pesquisa foram inferiores em relação aos descritos em outros estudos com banana de grupos genômicos AAA e ABB (AGAMA-ACEVEDO et al., 2016; EMAGA et al., 2007)

4.3 QUANTIFICAÇÃO DOS MINERAIS

Os minerais são micronutrientes responsáveis por regular e manter funções vitais do organismo humano, especialmente atuando como co-fatores enzimáticos (BORGES et al., 2020; NUAPIA; CHIMUKA; CUKROWSKA, 2018). Na TABELA 11 é apresentado o valor resultante da soma dos minerais quantificados em ambas as cultivares de banana verde orgânicas estudadas, nas diferentes frações analisadas. Os dados obtidos confirmam o teor de cinzas demonstrado anteriormente (TABELA 8), ou seja, valores mais altos de cinzas foram encontrados nas cascas dos frutos, assim como os maiores valores de minerais totais (TABELA 11). Sulamanin et al. (2011) e Borges et al. (2020) também identificaram valores superiores de minerais nas cascas das banana verde, quando comparado às polpas.

TABELA 11 – TEOR DE MINERAIS TOTAIS NAS CULTIVARES ESTUDADAS (%)

		P.c.	CAV	MAR
Minerais totais (m.s)	P		1,37 ^{fg} ±0,01	1,44 ^f ±0,05
	FP		1,40 ^g ±0,01	1,10 ⁱ ±0,02
	BP		1,17 ^{ghi} ±0,01	1,16 ^{hi} ±0,01
	C		4,50 ^a ±0,12	2,67 ^d ±0,02
	FC		4,22 ^b ±0,04	3,43 ^c ±0,13
	BC		2,80 ^d ±0,01	1,82 ^e ±0,02

NOTA: Os dados expressos nesta tabela resultam da soma dos minerais quantificados neste estudo (g/100g) para cada cultivar de banana estudada. m.s. = matéria seca, CAV = *Musa* AAA, *Cavendish nanica*, MAR = *Musa* ABB, *Sapientum marmelo* P.c. = parte comestível, P = polpa, C = casca, FP = farinha da polpa, FC= farinha da casca, BP = biomassa da polpa, BC = biomassa da casca

Observou-se ainda que o processamento da farinha (FC) não refletiu perda importante de minerais, em contrapartida, o processamento da biomassa (BC) promoveu redução de 47 a 61% dos minerais totais quantificados na casca liofilizada (C). Observou-se ainda que a cultivar CAV apresenta uma soma

superior de minerais nas cascas (C, FC e BC) quando comparado à MAR, especialmente na casca liofilizada, com 68% mais minerais. Já as polpas (P, FP e BP), em ambas as cultivares, apresentam valores baixos e aproximados.

Considerando todos os minerais quantificados neste estudo, observou-se que o potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) foram os minerais de importância nutricional mais representativos no volume total mineral da banana verde orgânica, de ambas as cultivares estudadas. A TABELA 12 mostra que a soma desses quatro minerais chega a representar 95% do conteúdo mineral total dos frutos estudados.

A distribuição dos principais minerais quantificados nas cultivares de banana verde estudadas, conforme a cultivar, parte comestível analisada e tipo de processamento empregado, é apresentada na TABELA 13.

TABELA 12 – A REPRESENTATIVIDADE DOS PRINCIPAIS MINERAIS ENCONTRADOS NAS CULTIVARES DE BANANA VERDE ESTUDADAS

Cultivares (m.s)	P.c.	K (%)	P (%)	Ca (%)	Mg (%)	Total (%)
CAV	P	65,7	14,6	2,7	7,4	90,4
	FP	60,1	17,0	4,13	5,3	86,6
	BP	54,3	19,5	3,6	6,5	83,9
	C	82,5	5,19	5,6	1,8	95,1
	FC	76,9	6,4	7,3	1,7	92,4
	BC	65,9	8,6	14,5	8,6	93,4
MAR	P	61,2	20,8	3,8	4,1	89,9
	FP	55,7	22,8	4,8	5,3	88,6
	BP	59,0	21,0	3,4	4,7	88,1
	C	68,1	7,9	11,2	7,9	89,7
	FC	63,4	9,4	13,8	4,2	90,9
	BC	59,9	13,3	11,7	3,6	88,6

NOTA: Os dados descritos nesta tabela expressam a proporção dos minerais encontrados em maior quantidade na banana verde, em relação à soma mineral total do fruto (%). CAV = *Musa* AAA, *Cavendish nanica*, MAR = *Musa* ABB, *Sapientum marmelo*, m.s. = valores apresentados em matéria seca, P.c. = parte comestível, P = polpa liofilizada, C = casca liofilizada, FP = farinha da polpa, FC = farinha da casca, BP = biomassa da polpa, BC = biomassa da casca

4.3.1. Análise comparativa entre cultivares para os principais minerais: potássio, fósforo, magnésio e cálcio

Foi observada diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre cultivares, em uma ou mais frações analisadas (P, FP, BP, C, FC, BC), para os teores de potássio (K), fósforo (P) e magnésio (Mg). Sabe-se que tanto o genótipo quanto fatores ambientes e diferentes práticas agrícolas são fatores que modificam o conteúdo mineral nos frutos entre regiões e sistemas de cultivo (ANYASI;

JIDEANI; MCHAU, 2018). Entretanto não foi identificada diferença estatística entre cultivares para o teor de cálcio (Ca) quantificado neste estudo, em nenhuma das frações de estudo.

TABELA 13 – CONTEÚDO DE MAGNÉSIO, POTÁSSIO, FÓSFORO E CÁLCIO NAS CULTIVARES ESTUDADAS, CONFORME O TIPO DE PROCESSAMENTO E PARTE COMESTÍVEL ANALISADA

Cultivares (m.s.)	P.c.	K (g/100g)	P (mg/100g)	Mg (mg/100g)	Ca (mg/100g)
CAV	P	0,90 ^{ef} ±0,01	200,36 ^f ±2,52	101,78 ^c ±3,03	37,07 ^b ±0,86
	FP	0,84 ^{gh} ±0,01	237,14 ^{cdef} ±2,52	74,28 ^e ±0,01	57,68 ^b ±0,81
	BP	0,64 ^{gh} ±0,01	228,57 ^{cdef} ±1,51	76,61 ^e ±0,25	42,59 ^b ±6,79
	C	3,71 ^a ±0,12	233,57 ^{cdef} ±8,08	82,68 ^d ±2,27	253,03 ^{ab} ±15,40
	FC	3,25 ^b ±0,03	271,61 ^{bc} ±1,26	122,68 ^b ±0,76	309,64 ^{ab} ±1,51
	BC	1,84 ^d ±0,01	240,36 ^{cde} ±5,05	71,43 ^{ef} ±0,01	403,57 ^a ±2,02
MAR	P	0,88 ^{efg} ±0,05	298,39 ^{ab} ±3,28	59,12 ^g ±1,03	54,91 ^b ±2,70
	FP	0,61 ^h ±0,03	251,96 ^d ±2,78	58,78 ^g ±1,41	52,70 ^b ±4,32
	BP	0,68 ^{gh} ±0,01	244,46 ^{cde} ±4,29	54,77 ^g ±0,68	39,05 ^b ±2,95
	C	1,82 ^d ±0,01	211,96 ^{ef} ±22,98	65,66 ^f ±1,29	300,89 ^{ab} ±7,83
	FC	2,18 ^c ±0,16	323,21 ^a ±10,61	145,18 ^a ±2,27	474,46 ^a ±283,60
	BC	1,09 ^e ±0,01	242,50 ^{cde} ±19,70	65,87 ^f ±2,25	213,93 ^{ab} ±5,55

NOTA: CAV = *Musa* AAA, *Cavendish nanica*, MAR = *Musa* ABB, *Sapientum marmelo*, m.s. = valores apresentados em matéria seca, Comparação entre cultivares, processamentos e parte comestível realizadas por coluna, P.c. = parte comestível, P= polpa liofilizada, C = casca liofilizada, FP = farinha da polpa, FC = farinha da casca, BP = biomassa da polpa, BC = biomassa da casca, < LOD = valor inferior ao limite de detecção do mineral pelo equipamento.

Bananas são consideradas boas fontes de potássio (K) (ANYASI; JIDEANI; MCHAU, 2018). O conteúdo de K encontrado nas cultivares estudadas foi de 0,61g a 3,71g/100g, entre as frações analisadas. Em ambas as cultivares o teor de K foi estatisticamente igual nas frações de polpa (P, FP e BP), enquanto nas frações de casca (C, FC e BC) a cultivar CAV demonstrou maior conteúdo de K em relação às respectivas frações da MAR. A casca liofilizada da CAV apresentou duas vezes mais K do que a MAR-C, similar aos resultados encontrados por Borges et al. (2020) que obteve 3,24g/100g de K na cultivar *Musa* AAA. A farinha da casca da CAV 50% mais do que a MAR-FC, enquanto

a biomassa da casca da CAV quantificou 70% mais K do que a MAR – BC. Valores superiores ao descrito na TABELA 13 foram observados por Emaga et al (2007) para cascas de bananas verde do subgrupo AAA, 5,72g/100g, enquanto as ABB apresentaram 4,92g/100g.

Assim como descrito por Borges et al. (2020), o segundo mineral mais abundante encontrado nas amostras de banana verde estudadas foi o fósforo (P). O presente estudo quantificou o fósforo em 200mg a 323mg /100g entre os cultivares estudados. Esses resultados foram superiores ao descrito por outros autores, em frutos de mesmo grupo genômico (AAA e ABB) (ANYASI; JIDEANI; MCHAU, 2018; BORGES et al., 2020). Dentre todas as frações analisadas foi identificada diferença estatística apenas para a polpa liofilizada e farinha da casca, em ambas as frações a cultivar MAR apresentou os maiores resultados. A MAR- P quantificou quase 50% mais fósforo do que a CAV – P e na MAR – FC foi aproximadamente 20% superior a CAV – FC.

O magnésio (Mg) também apresenta-se com um dos minerais mais abundantes em bananas verdes (BORGES et al., 2020). Quanto à quantificação do Mg entre as cultivares CAV e MAR, obteve-se resultados de 54,77mg a 145,18mg /100g nas frações analisadas. Contudo, há registros na literatura de valores superiores de Mg em amostras de banana verde dos genótipos AAA e ABB para as frações de polpa liofilizada, casca liofilizada e farinha da polpa (ANYASI; JIDEANI; MCHAU, 2018; BORGES et al., 2020; EMAGA et al., 2007). Na TABELA 13 é possível perceber que houve diferença estatística entre todas as frações estudadas para o teor de magnésio (Mg), com exceção da biomassa da casca, que manteve igualdade estatística entre cultivares. As três frações de polpa (P, FP e BP) da cultivar CAV apresentaram conteúdo de Mg superior às frações correspondentes da MAR. Sendo que o destaque foi percebido na polpa liofilizada da CAV, quase duas vezes mais rica em Mg do que a MAR-P. Já a farinha da polpa da CAV apresentou 26% mais Mg e a biomassa da polpa 40% mais em comparação às mesmas frações da cultivar MAR. Já a casca liofilizada da CAV foi apenas 26% superior no mineral em relação à MAR-C, enquanto a farinha da casca da MAR se sobressaiu em 18% em relação à CAV-FC.

4.3.2 Análise comparativa entre partes comestíveis para os principais minerais: potássio, fósforo, magnésio e cálcio

Foi observada diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre partes comestíveis (casca e polpa), em uma ou mais frações analisadas (P, FP, BP, C, FC, BC), para os teores de potássio (K), fósforo (P) e magnésio (Mg) e cálcio (Ca).

Em ambas as cultivares CAV e MAR a distribuição de K entre as frações deu-se de forma similar, indicando valores superiores nas frações de casca (C, FC e BC), quando comparadas respectivamente às polpas liofilizadas, farinhas de polpa e biomassas de polpa. Como observado na TABELA 13, em ambas as cultivares, as cascas liofilizadas quantificaram em média duas a quatro vezes mais K do que as polpas liofilizadas. A farinha da casca apresentou quase 4 vezes mais K em comparação às farinhas de polpa. Já na biomassa da casca foi observado duas a três vezes mais potássio em relação à BP.

Na cultivar CAV não foi constatada diferença estatística do teor de fósforo (P) entre as partes comestíveis analisadas. Entretanto, curiosamente, na MAR observou-se 40% mais P na polpa liofilizada em relação à casca liofilizada. Enquanto a farinha da casca dessa cultivar se sobressaiu em 30% em relação ao teor de fósforo na farinha da polpa.

Quanto ao teor de Mg nas partes comestíveis, a polpa liofilizada da CAV apresentou 23% mais Mg do que a casca liofilizada da mesma cultivar. Enquanto a farinha da casca da CAV quantificou 65% mais Mg do que a farinha da polpa. Na cultivar MAR, por outro lado, as frações de casca (C, FC e BC) apresentaram valores de Mg superiores a todas as respectivas frações de polpa (P, FP e BP). Sendo que a MAR – C apresentou 11% mais Mg do que a MAR-P, a MAR-FC quantificou duas vezes mais do que a MAR – FP e a MAR- BC apresentou 20% mais Mg do que a MAR-BP.

Na análise comparativa do teor de Ca encontrado nas partes comestíveis das cultivares estudadas, foi percebido que numericamente todas as frações de casca (C, FC e BC) em ambas as cultivares apresentaram teores de Ca superiores às respectivas polpas (P, FP e BP). Contudo, estatisticamente, apenas houve diferença entre as biomassas da CAV, enquanto na MAR apenas na farinha é que o Ca foi estatisticamente diferente nas frações de polpa e casca. A CAV – BC quantificou nove vezes mais Ca do que a CAV – BP, enquanto a MAR – FC apresentou valor também nove vezes maior de Ca do que a MAR-FP.

4.3.3 Análise comparativa entre tipos de processamento para os principais minerais: potássio, fósforo, magnésio e cálcio

Foi observada diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre os tipos de processamento (liofilizado, farinha e biomassa) aplicados às duas cultivares de banana verde orgânica (CAV e MAR), em uma ou mais frações analisadas (P, FP, BP, C, FC, BC), para os teores potássio (K), fósforo (P) e magnésio (Mg). Entretanto não foi identificada diferença estatística entre tipos de processamento para o teor de cálcio (Ca) quantificado neste estudo, em nenhuma das frações de estudo.

Na cultivar CAV a polpa liofilizada apresentou 40% mais K do que a biomassa da polpa, enquanto a farinha da polpa manteve-se em igualdade estatística com P e BP. Outros autores (ANYASI; JIDEANI; MCHAU, 2018) também encontraram valores similares de potássio em farinha de polpa de bananas *Musa* AAA. No processamento das cascas, a CAV – C apresentou 14% mais K do que a farinha da casca e duas vezes mais do que a biomassa da casca. Sugerindo que, nesta cultivar, o processamento que mais impactou na redução do teor de potássio do fruto foi o preparo da biomassa.

Na cultivar MAR para o processamento da polpa também houve melhor preservação do K na polpa liofilizada, porém somente quando comparada à farinha da polpa. Ela apresentou 44% mais K do que a FP. Já a biomassa da polpa manteve igualdade estatística com ambas. O processamento da casca deu-se de forma diferente, a farinha da casca preservou maior teor de K quando comparada à C e à BC. A MAR – FC quantificou 20% mais potássio do que a MAR – C enquanto, de forma similar ao ocorrido no processamento da biomassa da CAV, na cultivar MAR, a farinha da casca apresentou duas vezes mais potássio do que a MAR – BC.

Com relação ao impacto do processamento sobre o teor de fósforo da banana verde, foi observado que na cultivar CAV não houve diferença estatística entre os tipos de processamento, tanto nas polpas quanto nas cascas. Entretanto, na cultivar MAR, foi possível perceber que a polpa liofilizada preservou 20% mais potássio do que a farinha e a biomassa, sendo que estas apresentaram igualdade estatística. No processamento das cascas a farinha

apresentou 42% mais fósforo em relação à casca liofilizada e à biomassa da casca, visto que estas apresentaram igualdade estatística.

O conteúdo de Mg quantificado nas diferentes frações da CAV e comparado entre processamentos demonstrou que a polpa liofilizada destacou-se com 34% mais Mg do que a farinha e a biomassa da polpa, as quais apresentaram igualdade estatística. Já no processamento das cascas, houve diferença estatística entre os três processos (C, FC e BC), sendo que a farinha da casca apresentou 48% mais Mg do que a casca liofilizada e 71% mais do que a biomassa da casca. Na cultivar MAR não foi identificada diferença estatística entre os processamentos da polpa para o teor de Mg. Contudo, nas cascas, a farinha da casca quantificou duas vezes mais Mg do que a casca liofilizada e biomassa da casca, sendo que estas apresentaram igualdade estatística.

4.3.4 Minerais quantificados na banana verde em menores concentrações e minerais não detectados

Na TABELA 14 observa-se que o teor de cromo (Cr) encontrado nas amostras variou de 216,10 a 517,90 mcg/100g. O destaque foi para a biomassa da polpa (BP) da cultivar CAV. Curiosamente, o processamento parece elevar o teor de Cr no fruto, visto que a polpa liofilizada (P) apresentou 437,5 mcg/100g, valor estatisticamente inferior à BP. Esse mineral foi obtido em maior concentração nas amostras de polpa de ambos os cultivares. Sendo que a cultivar MAR apresentou, em todas as amostras, conteúdo de cromo inferior à CAV.

O mineral manganês (Mn) foi detectado em maior concentração nas frações C e P da cultivar CAV quando comparado à MAR. Em ambas as cultivares o teor do mineral foi expresso preponderantemente nas cascas quando comparados às polpas. Contudo, na CAV não houve diferença estatística nas farinhas (FP = 1,66mg/100g e FC = 5,70mg/100g) em relação às respectivas partes comestíveis liofilizadas (P = 1,25mg/100g e C = 5,29mg/100g), todavia, BP (3,53mg/100g) expressou maior conteúdo de Mn em relação à P, e BC (4,12mg/100g) menor conteúdo em relação à C. Já MAR-FP (0,58mg/100g) e BP (0,73mg/100g) mantiveram o mesmo teor de Mn que P (0,90mg/100g), enquanto FC (2,46mg/100g) e BC (2,03mg/100g) valores menores do que C,

indicando perda no mineral durante o processamento. Emaga et al. (2007) identificaram valores inferiores de Mn na casca de bananas AAA (1,5mg/100g) e ABB (1mg/100g).

O teor de cobre (Cu) encontrado na cultivar CAV foi estatisticamente maior do que na cultivar MAR, tanto na polpa quanto na casca do fruto liofilizado, sendo esta a parte comestível onde se observou a maior concentração (380,04mcg/100g). Para a CAV o processamento da BP elevou o teor do mineral (426,8mcg/100g) em relação à P(292,90mcg/100g), enquanto FP (300mcg/100g) não diferiu estatisticamente de P. Já nas cascas foi observado que o processamento reduziu o teor do mineral em BC (221,4mcg/100g) em relação à C (380,4mcg/100g), enquanto FC (428,6 mcg/100g) não diferiu de C. Para a cultivar MAR não houve diferença estatística entre parte comestível e entre processamentos, numericamente o valor mínimo encontrado foi de FP (112,5mcg/100g) e o valor máximo encontrado em P (157,1mcg/100g). Borges et al. (2020) encontraram resultados similares nas polpas das cultivares AAA (370mcg/100g) e ABB (150mcg/100g), já nas cascas encontraram o dobro de Cu (700mcg/100g) encontrado no presente estudo para cultivar CAV e quase seis vezes mais Cu para cultivar MAR.

O teor de ferro (Fe) entre amostras de casca não apresentou diferença importante em relação às de polpa. O ferro é um mineral essencial, responsável pelo transporte de oxigênio, síntese de DNA e no metabolismo muscular. Considerando que a anemia ferropriva é um problema de saúde pública; a deficiência nutricional mais prevalente no mundo, é de fundamental importância que seja incentivado o consumo de alimentos com quantidades significativas de ferro, à população (OMS, 2020).

TABELA 14 – CONTEÚDO DE MINERAIS NAS CULTIVARES ESTUDADAS, CONFORME O TIPO DE PROCESSAMENTO E PARTE COMESTÍVEL

Cultivares (m.s.)	P.c.	Al (mg/100g)	Ba (mg/100g)	Na (g/100g)	Cr (mcg/100g)	Cu (mcg/100g)	Fe (mg/100g)	Li (mg/100g)	Mn (mg/100g)	Pb (mg/100g)	Zn (mg/100g)	S (mg/100g)
CAV	P	2,28 ^c ±0,16	2,53 ^{dc} ±0,18	0,09 ^e ±0,01	437,50 ^b ±0,01	292,90 ^b ±0,01	2,20 ^{de} ±0,15	0,04 ^a ±0,01	1,25 ^{gh} ±0,04	<LOD	<LOD	33,76 ^{ef} ±0,10
	FP	7,64 ^a ±0,54	3,76 ^c ±1,06	0,13 ^b ±0,01	426,80 ^{bc} ±0,01	300,00 ^b ±0,01	4,30 ^{bc} ±0,33	0,05 ^a 0,32	1,66 ^{fg} ±0,11	<LOD	<LOD	35,06 ^{ef} ±0,50
	BP	5,46 ^{ab} ±0,46	0,84 ^e ±0,67	0,13 ^b ±0,01	517,90 ^a ±0,01	426,80 ^a ±0,01	6,37 ^a ±1,32	0,05 ^a ±0,01	3,53 ^c ±0,12	<LOD	<LOD	35,41 ^{ef} ±0,42
	C	5,93 ^{ab} ±2,96	13,81 ^b ±0,10	0,10 ^{de} ±0,01	450,00 ^b ±0,01	380,04 ^a ±0,05	3,54 ^{bcd} ±0,70	0,27 ^a ±0,01	5,29 ^a ±0,24	0,15 ±0,04	1,97 ^a ±0,07	85,89 ^c ±10,35
	FC	7,27 ^a ±1,27	17,28 ^a ±0,56	0,20 ^a ±0,11	400,00 ^c ±0,01	428,60 ^a ±0,01	4,66 ^{ab} ±1,51	0,09 ^a ±0,01	5,70 ^a ±0,11	<LOD	1,89 ^a ±0,26	78,57 ^c ±0,01
	BC	3,90 ^{bc} ±0,26	3,66 ^c ±0,20	0,13 ^{bc} ±0,01	223,20 ^{ef} ±0,01	221,40 ^c ±0,01	2,26 ^{cde} ±0,08	0,04 ^a ±0,01	4,12 ^b ±0,16	<LOD	<LOD	41,53 ^e ±0,81
	P	3,60 ^{bc} ±0,11	<LOD	0,11 ^{cd} ±0,01	248,20 ^{de} ±0,01	157,10 ^d ±0,01	<LOD	0,02 ^a ±0,01	0,90 ^{ij} ±0,02	<LOD	<LOD	30,24 ^{ef} ±1,42
	FP	4,51 ^{bc} ±0,42	<LOD	0,10 ^{de} ±0,01	255,40 ^d ±0,01	112,50 ^d ±0,01	<LOD	0,02 ^a ±0,01	0,58 ^j ±0,04	<LOD	<LOD	23,39 ^f ±0,38
	BP	4,15 ^{bc} ±0,30	<LOD	0,10 ^{de} ±0,01	235,70 ^{def} ±0,01	132,10 ^d ±0,01	<LOD	0,03 ^a ±0,01	0,73 ^j ±0,02	<LOD	<LOD	27,18 ^f ±0,11
	C	4,35 ^{bc} ±0,99	0,25 ^e ±0,01	0,15 ^b ±0,01	216,10 ^f ±0,01	119,60 ^d ±0,01	<LOD	0,03 ^a ±0,01	2,99 ^d ±0,05	<LOD	1,60 ^{ab} ±0,11	117,14 ^b ±3,53
MAR	FC	5,32 ^{ab} ±0,49	0,22 ^e ±0,02	0,15 ^b ±0,01	216,10 ^f ±0,01	121,40 ^d ±0,01	<LOD	0,03 ^a ±0,01	2,46 ^e ±0,35	<LOD	1,93 ^a ±0,25	152,50 ^a ±1,01
	BC	3,73 ^{bc} ±0,52	<LOD	0,14 ^b ±0,01	235,70 ^{def} ±0,01	128,60 ^d ±0,01	1,99 ^{de} ±0,18	0,03 ^a ±0,01	2,03 ^{ef} ±0,11	<LOD	<LOD	59,11 ^d ±2,17

NOTA: CAV = *Musa AAA*, *Cavendish nanica*, MAR = *Musa ABB*, *Sapientum marmelo*, m.s. = valores apresentados em matéria seca, Comparação entre cultivares, processamentos e parte comestível realizadas por coluna, P.c. = parte comestível, P= polpa liofilizada, C = casca liofilizada, FP = farinha da polpa, FC = farinha da casca, BP = biomassa da polpa, BC = biomassa da casca, < LOD = valor inferior ao limite de detecção do mineral pelo equipamento.

A análise demonstrou influência do processamento sobre a polpa da cultivar CAV, sendo que FP (4,30mg/100g) e BP (6,37mg/100g) foram estaticamente maiores que P (2,20mg/100g), indicando ainda que, na polpa, a cocção úmida promoveu maior aumento no teor de ferro em comparação à desidratação. Em contrapartida nas cascas não houve diferença entre C (3,54mg/100g), e FC (4,66mg/100g) e entre C e BC (2,26mg/100g). Contudo, observou-se que o processo de desidratação da farinha foi mais eficiente em manter o teor de ferro na casca da banana do que a cocção úmida sob pressão. Emaga et al. (2007) observaram valor similar de Fe na casca de bananas do subgrupo AAA (3,07mg/100g). No presente estudo, os valores de Fe para cultivar MAR ficaram abaixo do limite detectável.

Tanto para o Fe quanto para o Cu houve aumento da concentração do mineral na polpa cozida sob pressão maior que na desidratação da polpa. O inverso foi observado em ambos minerais: maior concentração foi observada na farinha e menor na casca cozida.

Para o mineral zinco (Zn) apenas foram detectados os valores em C e FC de ambas as cultivares, nas demais frações os valores foram abaixo do limite detectável pelo equipamento. Dessa forma, percebeu-se que não houve interferência, com significância estatística, do processamento sobre o conteúdo do mineral nos frutos, uma vez que CAV – C = 1,97mg/100g e FC = 1,89mg/100g, enquanto MAR – C = 1,60mg/100g e FC = 1,93mg/100g. Contrariamente ao achado, Emaga et al. (2007) observaram nas cascas de banana verde valores mais altos de Zn na cultivar ABB (3,1mg/100g) em relação à AAA (1,6mg/100g). Enquanto Borges et al. (2020) identificou valores de Zn na polpa de ambas as cultivares AAA = 1,37mg/100g e 1,33 mg/100g. E valores superiores ao encontrado nas cascas AAA = 4,7mg/100g e ABB = 2,9mg/100g.

O conteúdo de sódio (Na) encontrado neste estudo foram maiores que os descritos por outros autores (BORGES et al., 2020; EMAGA et al., 2007), neste estudo os resultados variaram de 0,09g/100g (CAV – P) a 0,2g/100g (CAV – FC). Tanto as cascas quanto as polpas liofilizadas expressaram maior conteúdo de Na na cultivar MAR em relação à CAV. Na CAV observou-se que C (0,10g/100g) e P (0,09g/100g) não apresentaram diferença estatística, porém o processamento elevou o teor do mineral em todos os processos (FP, BP, FC e BC). Já na cultivar MAR, C (0,15g/100g) apresentou-se estatisticamente maior

que P (0,11g/100g). Entretanto os processos não influenciaram no conteúdo do mineral, o qual manteve-se estatisticamente igual em FP, BP em relação à P, FC e BC em relação à C.

O mineral bário (Ba) foi quantificado nas amostras estudadas e apresentou-se no intervalo de 0,22 a 17,28mg /100g. Grande variação foi observada entre as cultivares, sendo que a cultivar CAV apresentou valores superiores à MAR, e esta demonstrou resultados abaixo do valor detectável pelo equipamento utilizado (<LOD) para a maioria das amostras analisadas. As amostras de casca (C, FC e BC) da cultivar CAV apresentaram maior concentração do mineral. Na farinha da casca (FC) o valor foi superior (17,28mg/100g) à casca liofilizada (C) (13,81mg/100g) e quase 80% maior que o valor obtido na biomassa da casca (BC) (3,66 mg/100g). Já as polpas apresentaram valores ainda mais reduzidos à BC.

O teor de enxofre (S) observado nas amostras de banana verde variou entre 23,39 à 152,50 mg/100g. A cultivar MAR apresentou o maior conteúdo de S na farinha da casca (FC) (152,5mg/100g) seguido da casca liofilizada (C) (117,14mg/100g). As demais frações comestíveis dessa cultivar de banana ficaram abaixo dos valores de enxofre encontrados em C (85,89 mg/100g) e FC (75,57 mg/100g) da cultivar CAV. E, curiosamente, as menores concentrações do mineral foram observadas nos derivados de banana verde (FP e BP) da cultivar MAR. Anyasi et al (2018) observaram valores similares ao presente estudo para farinha da polpa de bananas verdes no estágio 2 de maturação dos genótipos AAA e ABB. Os autores identificaram presença de 36,12mg/100g em frutos AAA e 33,71 mg/100g em farinha da polpa de bananas ABB.

Sabe-se que alguns oligoelementos, como metais pesados, podem ocorrer como elementos traço nos alimentos devido ao manejo inadequado ou ainda pela contaminação ambiental derivada da poluição seja durante o processo produtivo, seja no transporte e comercialização (HU et al., 2017). Elementos como o cádmio (Cd), cromo (Cr), mercúrio (Hg) e chumbo (Pb) presentes em vegetais, carnes e peixes podem causar alterações bioquímicas no organismo humano, especialmente gerando problemas nos sistemas nervoso e cardiovascular (EKHATOR et al., 2017).

Nas amostras analisadas foram quantificados baixos valores de lítio (Li) e não foram detectados os valores de concentração para os minerais: prata (Ag),

boro (B), cádmio (Cd), cobalto (Co), molibdênio (Mo) e níquel (Ni). Para o chumbo (Pb) apenas na casca da cultivar CAV houve detecção pelo método utilizado (TABELA 12). Para as amostras P, FP, BP e BC da cultivar MAR também não foi detectado teor de bário (Ba). Da mesma forma, para a cultivar MAR não foi detectado níveis de ferro (Fe) nas amostras P, FP, BP, C e FC. Além disso, níveis abaixo do limite detectável para o zinco (Zn) foram relatados para as amostras P, FP, BP e BC de ambas as cultivares CAV e MAR.

4.3.5 A representatividade dos minerais sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR)

Ainda nos estádios iniciais de maturação a banana verde é utilizada como ingrediente culinário, processada como farinha de banana verde ou massa; purê; biomassa de banana verde (MACHADO, 2008). A fim de se identificar o efeito do processamento sobre a composição mineral dos derivados de banana verde (farinha e biomassa), na porção de consumo, foi feita a relação entre o teor de minerais encontrados nas cultivares com a Ingestão Diária Recomendada – IDR (PADOVANI et al., 2006).

A Ingestão Diária Recomendada (IDR) é composta por valores de referência de ingestão de nutrientes, de utilização mundial, propostas *pelo Food and Nutrition Board/ Institute of Medicine* dos Estados Unidos (PADOVANI et al., 2006). No âmbito da atuação do nutricionista, esses valores de referência dão suporte para a atuação profissional na avaliação do consumo e no planejamento alimentares de indivíduos e coletividades e na rotulagem de produtos alimentícios.

Com base na IDR foi realizada a análise da representatividade dos minerais dos ingredientes culinários derivados da banana verde orgânica (farinha e biomassa) em relação à IDR específica do mineral para indivíduos adultos entre 19 e 50 anos de idade. Quando observada diferença de valor de referência para homens e mulheres, optou-se por utilizar a média dos valores de recomendação diária (TABELAS 15 e 16). Utilizou-se a porção de 1 colher de sopa de farinha de banana verde (10g) e de biomassa de banana verde (30g), como porção de consumo.

Curiosamente os minerais presentes, na farinha e na biomassa, mais significativos por porção, no alcance da IDR foram: cromo (Cr), seguido do manganês (Mn). Mesmo que não tenham sido os minerais encontrados em maior proporção nos frutos.

A farinha de ambas as cultivares apresentou valores bastante altos de Cr, na porção de consumo, correspondendo entre 72% e 142% da IDR para o mineral (TABELA 15). O cromo é essencial na regulação do metabolismo de carboidratos pois melhora a sensibilidade à insulina, favorecendo a manutenção da glicemia plasmática. Uma alimentação adequada em cromo reduz o risco do desenvolvimento do diabetes e doenças cardiovasculares (OPAS BRASIL, 2018). Além disso, a cultivar CAV apresentou valor superior em relação à MAR. De forma similar, para o Mn foi atingido entre 2,9% e 28,5% da IDR/ porção. Neste caso, as farinhas de casca (FC) destacaram-se com os maiores valores. Na CAV, a maioria dos minerais (Ca, Cu, Fe, Zn, Mg, K, P, Na) apresentou maior representatividade no alcance da IDR na FC quando comparada à FP. Comportamento similar foi observado na cultivar MAR, exceto para os minerais Cu e Fe, os quais apresentaram valores iguais tanto na FC quanto na FP.

TABELA 15 – ADEQUAÇÃO DOS MINERAIS QUANTIFICADOS NA FARINHA DE BANANA VERDE DAS CULTIVARES CAV E MAR EM RELAÇÃO À IDR

FARINHA DE BANANA VERDE – 10g (1 col sopa)										
CAV										
FP	Ca (mg)	Cr (mcg)	Cu (mcg)	Fe (mg)	Mn (mg)	Zn (mg)	Mg (mg)	K (g)	P (mg)	Na (g)
Mineral/porção	5,8	42,7	30,0	0,4	0,17	0,0	7,4	0,1	23,7	0,0
%IDR	0,6	142,3	3,3	3,3	8,3	0,0	2,1	1,8	3,4	0,9
FC	Ca (mg)	Cr (mcg)	Cu (mcg)	Fe (mg)	Mn (mg)	Zn (mg)	Mg (mg)	K (g)	P (mg)	Na (g)
Mineral/porção	31,0	40,0	42,8	0,5	0,6	0,2	12,3	0,3	27,2	0,0
%IDR	3,1	133,3	4,8	3,6	28,5	1,9	3,4	6,9	3,9	1,3
MAR										
FP	Ca (mg)	Cr (mcg)	Cu (mcg)	Fe (mg)	Mn (mg)	Zn (mg)	Mg (mg)	K (g)	P (mg)	Na (g)
Mineral/porção	5,3	25,5	11,2	0,0	0,1	0,0	5,9	0,1	25,2	0,0
%IDR	0,5	85,1	1,3	0,0	2,9	0,0	1,6	1,3	3,6	0,7
FC	Ca (mg)	Cr (mcg)	Cu (mcg)	Fe (mg)	Mn (mg)	Zn (mg)	Mg (mg)	K (g)	P (mg)	Na (g)
Mineral/porção	47,4	21,6	12,4	0,0	0,2	0,2	14,5	0,2	32,3	0,0
%IDR	4,7	72,0	1,3	0,0	12,3	1,9	4,0	4,6	4,6	1,0

NOTA: Na tabela é apresentado o teor mineral e o %IDR atingido com a porção de 1 col de sopa de farinha de banana verde (10g). FC = farinha da casca, FP = farinha da polpa, CAV = *Musa* AAA, *Cavendish nanica*, MAR = *Musa* ABB, *Sapientum marmelo*, %IDR = percentual atingido da Igestão Diária Recomendada para adultos.

Na TABELA 16 está demonstrada a representatividade dos minerais quantificados em biomassa de banana verde (1 colher sopa = 30g), no alcance da IDR. Como visto, nas biomassas de polpa e casca, em ambas as cultivares, o alcance da IDR foi inferior às farinhas, indicando que o processo de cocção da biomassa influencia na redução do teor de minerais e por consequência no impacto do seu consumo pela população. Entretanto, o Cr foi um mineral bastante expressivo também nas biomassas, atingindo entre 5,7% e 34,5% da IDR. Nas biomassas observam-se valores baixos de mineral/porção e, também, muito similares entre cascas e polpa e entre cultivares.

TABELA 16 – ADEQUAÇÃO DOS MINERAIS QUANTIFICADOS NA BIOMASSA DE BANANA VERDE DAS CULTIVARES CAV E MAR EM RELAÇÃO A IDR
BIOMASSA DE BANANA VERDE – 30g (1 col sopa)

CAV										
BP	Ca (mg)	Cr (mcg)	Cu (mcg)	Fe (mg)	Mn (mg)	Zn (mg)	Mg (mg)	K (g)	P (mg)	Na (g)
Mineral/porção	0,8	10,3	8,5	0,1	0,1	0,0	1,5	0,0	4,6	0,0
%IDR	0,1	34,5	0,9	1,0	3,5	0,0	0,4	0,3	0,7	0,2
BC	Ca (mg)	Cr (mcg)	Cu (mcg)	Fe (mg)	Mn (mg)	Zn (mg)	Mg (mg)	K (g)	P (mg)	Na (g)
Mineral/porção	7,9	4,4	0,0	0,0	0,1	0,0	1,4	0,0	4,7	0,0
%IDR	0,8	14,6	0,5	0,3	4,0	0,0	0,4	0,8	0,7	0,2
MAR										
BP	Ca (mg)	Cr (mcg)	Cu (mcg)	Fe (mg)	Mn (mg)	Zn (mg)	Mg (mg)	K (g)	P (mg)	Na (g)
Mineral/porção	0,3	1,7	0,9	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	1,8	0,0
%IDR	0,0	5,7	0,1	0,0	0,3	0,0	0,1	0,1	0,3	0,0
BC	Ca (mg)	Cr (mcg)	Cu (mcg)	Fe (mg)	Mn (mg)	Zn (mg)	Mg (mg)	K (g)	P (mg)	Na (g)
Mineral/porção	1,8	2,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	2,0	0,0
%IDR	0,2	6,7	0,1	0,1	0,9	0,0	0,2	0,2	0,3	0,1

NOTA: Na tabela é apresentado o teor mineral e o %IDR atingido com a porção de 1 col de sopa de biomassa de banana verde (30g). BC = biomassa da casca, BP = biomassa da polpa, CAV = *Musa* AAA, *Cavendish nanica*, MAR = *Musa* ABB, *Sapientum marmelo*, %IDR = percentual atingido da Igestão Diária Recomendada para adultos.

4.3.6 Composição mineral de formulações de farinha e biomassa (25% casca e 75% polpa)

Dada a importância nutricional das cascas nos derivados de banana verde observadas neste estudo, foi realizada a composição mineral de formulações 25% casca e 75% polpa de farinha de banana verde e biomassa de banana verde de ambas as cultivares (TABELAS 17 e 18). Essa proporção entre casca

e polpa foi feita com base no rendimento de uma unidade do fruto, aproximadamente 25% casca e 75% polpa (TABELA 5). Para o cálculo utilizou-se os fatores de conversão em peso úmido para a biomassa (conforme o teor de umidade de cada fração comestível estudada).

TABELA 17 – TEOR MINERAL EM FORMULAÇÕES DE FARINHA DE BANANA VERDE 75% CASCA E 25% POLPA E SUA COMPARAÇÃO COM A IDR.

FARINHA DE BANANA VERDE – 10g (1 col sopa)										
CAV										
75% P 25% C	Ca (mg)	Cr (mcg)	Cu (mcg)	Fe (mg)	Mn (mg)	Zn (mg)	Mg (mg)	K (g)	P (mg)	Na (g)
Teor mineral na porção	12,1	42,0	33,2	0,4	0,3	0,1	8,6	0,1	24,6	0,0
%IDR	1,2	140,0	3,7	3,4	13,3	0,5	2,4	3,1	3,5	1,0
MAR										
75% P 25% C	Ca (mg)	Cr (mcg)	Cu (mcg)	Fe (mg)	Mn (mg)	Zn (mg)	Mg (mg)	K (g)	P (mg)	Na (g)
Teor mineral na porção	15,8	24,5	11,5	0,0	0,1	0,0	8,0	0,1	27,0	0,0
%IDR	1,6	81,8	1,3	0,0	5,3	0,5	2,2	2,1	3,8	0,7

NOTA: Na tabela é apresentado o teor mineral e o %IDR atingido com a porção de 1 col de sopa de farinha de banana verde (10g). C = casca, P = polpa, CAV = *Musa* AAA, *Cavendish nanica*, MAR = *Musa* ABB, *Sapientum marmelo*, %IDR = percentual atingido da Igestão Diária Recomendada para adultos.

TABELA 18 – TEOR MINERAL EM FORMULAÇÕES DE BIOMASSA DE BANANA VERDE 75% CASCA E 25% POLPA E SUA COMPARAÇÃO COM A IDR.

BIOMASSA DE BANANA VERDE – 30g (1 col sopa) – PESO ÚMIDO										
CAV										
75% P 25% C	Ca (mg)	Cr (mcg)	Cu (mcg)	Fe (mg)	Mn (mg)	Zn (mg)	Mg (mg)	K (g)	P (mg)	Na (g)
Teor mineral na porção	2,6	8,8	7,5	0,1	0,1	0,0	1,5	0,0	4,6	0,0
%IDR	0,3	29,5	0,8	1,1	3,6	0,0	0,4	0,4	0,7	0,2
MAR										
75% P 25% C	Ca (mg)	Cr (mcg)	Cu (mcg)	Fe (mg)	Mn (mg)	Zn (mg)	Mg (mg)	K (g)	P (mg)	Na (g)
Teor mineral na porção	0,7	1,8	1,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	1,8	0,0
%IDR	0,1	5,9	0,1	0,0	0,4	0,0	0,1	0,13	0,3	0,1

NOTA: Na tabela é apresentado o teor mineral e o %IDR atingido com a porção de 1 col de sopa de biomassa de banana verde (30g). C = casca, P = polpa, CAV = *Musa* AAA, *Cavendish nanica*, MAR = *Musa* ABB, *Sapientum marmelo*, %IDR = percentual atingido da Igestão Diária Recomendada para adultos.

Nas TABELAS 17 e 18 observa-se que 10g de farinha de banana verde, de ambas as cultivares, apresentam conteúdo superior de minerais em relação

à biomassa e, portanto, maior representatividade no %IDR. O mineral que mais se destaca é o cromo (Cr), seguido do manganês (Mn), como visto também nas TABELAS 15 e 16.

É possível perceber que houve um incremento no alcance IDR para alguns minerais, o que sugere que o aproveitamento das cascas tanto no processamento da farinha, quanto da biomassa são interessantes no ponto de vista nutricional. Na formulação com 25% de casca, a farinha de banana verde dobrou o conteúdo de Ca na CAV e triplicou na MAR. Na formulação da farinha de banana, a contribuição do K na IDR aumentou em quase 60%, comparado a FP na CAV e quase dobrou na MAR. Nesta a contribuição do Mn quase dobrou na formulação da farinha com casca.

Na biomassa da CAV, a contribuição do Ca na IDR triplicou na formulação com 25% de casca, em 1 col de sopa (30g). Contudo, para outros minerais não houve incremento significativo na utilização da formulação com 25% casca, para o conteúdo mineral.

Dada à importância mineral encontrada na banana verde, sugere-se que o consumo de farinha e biomassa de banana compostas de casca e polpa sejam incentivadas. As cascas elevam o teor mineral do produto, favorecendo com que as pessoas possam atingir a necessidade diária recomendada de minerais na alimentação, também por meio desses ingredientes culinários derivados de banana verde.

4.4 ANÁLISE DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS, FLAVONOIDES TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Para a utilização dietoterápica efetiva dos derivados de banana verde é necessário entender os fatores que afetam os níveis de compostos fenólicos no fruto (VU; SCARLETT; VUONG, 2018). O conteúdo de compostos fenólicos totais variam entre as diferentes cultivares de banana (GONZÁLEZ-MONTELONGO; GLORIA LOBO; GONZÁLEZ, 2010), condições de cultivo, localização e grau de maturação (TSAMO et al., 2015). Além disso, a diminuição no conteúdo de compostos fenólicos totais esta diretamente correlacionada com o avanço da maturação dos frutos, chegando a uma redução de 53% na banana madura (SULAIMAN et al., 2011; SUNDARAM et al., 2011). Sundaram et al

(2011) ao analisar o ensaio da captura do radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH) notou valores decrescentes no fruto verde, ao maduro e muito maduro e Rebello et al. (2014) observaram pelo método de redução do ferro (FRAP) que a banana verde apresentou maior potencial antioxidante nos estádios iniciais de maturação.

A análise de compostos fenólicos totais (TPC), flavonóides (TFC) e atividade antioxidante pelos ensaios de captura do radical 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido-sulfônico) (ABTS), redução dos íons de ferro (FRAP) e captura do radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH) nas amostras liofilizada, farinha, e biomassa de banana verde orgânica de duas cultivares, *Musa AAA*, *Cavendish nanica* (CAV) e *Musa ABB*, *Sapientum marmelo* (MAR) foram apresentadas na TABELA 19.

Pode ser inferido que a casca e a polpa das cultivares analisadas são fontes de compostos bioativos com potencial antioxidante. Os teores mais altos de fenólicos totais (TPC) foram quantificados nas cascas liofilizadas, 1130,30 mg/100g para CAV e 1239,64 mg/100g para MAR, não diferindo significativamente entre as cultivares. O teor de flavonoides totais (TFC) seguiu o mesmo padrão do TPC, as cascas apresentaram os maiores valores (1461,98 mg/100g para CAV e 1278,20 mg/100g para MAR) e não apresentaram diferença significativa entre as cultivares. No presente estudo, as frações com menores concentrações de TPC e TFC foram observadas para as proporções com polpa.

O processo de desidratação em forno industrial (70°C por quatro ciclos de 30 min, seguido de 50°C por 12h em desidratador) para a obtenção de farinha das cascas, para ambas as cultivares CAV e MAR, levou à redução do TPC de 83% e 64% e do TFC de 87% e 74%, respectivamente, em relação à casca liofilizada. Sendo que, a MAR apresentou os maiores valores. A obtenção de farinha de polpa para a cultivar MAR gerou um aumento de 57% do valor de TPC, enquanto que para a cultivar CAV houve redução de 75%. Os TFC não diferiram significativamente para as farinhas de polpa entre as cultivares, porém em relação as polpas liofilizadas houve a redução de 89% do TFC para cultivar CAV e 70% para cultivar MAR. Vu; Scarlett; Vuong (2018), relataram que os processos de forno de ar quente, forno à vácuo, ar desumidificado e secagem ao sol, com exceção do micro-ondas, promoveram redução de 15 – 58% no

conteúdo de fenólicos na casca de banana verde, quando comparado às cascas liofilizadas.

O processo de cocção sob pressão por 8 minutos seguido do congelamento para a obtenção de biomassa da casca, pode ter levado à diminuição significativa do TPC em 30% e 64% e do TFC em 51% e 77%, para as duas cultivares CAV e MAR, respectivamente. Entretanto, a obtenção da biomassa da polpa proporcionou um aumento significativo do TPC em 25% e 144% e do TFC em 8% e 135%, para as duas cultivares CAV e MAR, respectivamente. Os melhores valores de TPC e TFC de biomassa da casca foram evidenciados para cultivar MAR e de biomassa da polpa para cultivar CAV. De acordo com Tsamo et al. (2015) os compostos fenólicos apresentaram redução em torno de 34% quando as polpas de banana foram cozidas sob alta temperatura e em água. Porém, conforme a metodologia utilizada neste estudo, Riquette et al (2019) relataram que a cocção da banana verde para produção da biomassa por 5 minutos seguido do congelamento por 90 dias foi capaz de preservar o conteúdo de vitamina C e antioxidantes e não influenciou no teor de compostos fenólicos da biomassa da polpa.

A redução dos compostos fenólicos nos derivados de banana verde pode ser explicado pelo fato do calor romper as membranas celulares liberando esse fitoquímicos (RIQUETTE et al., 2019).

Os fenólicos e flavonoides são bem conhecidos como uma classe de compostos bioativos que apresentam fortes efeitos antioxidantes *in vitro* e *in vivo* (BABBAR et al., 2011; VU; SCARLETT; VUONG, 2017). Nesse sentido, de acordo com a análise de correlação de Pearson, o TPC e TFC apresentaram correlação positiva ($r = 0,979$, $p < 0.01$), com ABTS ($r = 0,989$ e $0,973$, respectivamente), FRAP ($r = 0,993$ e $0,969$, respectivamente) e DPPH ($r = 0,787$ e $0,856$, respectivamente).

Diferentes tratamentos térmicos podem ter efeitos distintos sobre os compostos fenólicos da banana, aumentando ou diminuindo a capacidade antioxidante do fruto (SHODEHINDE; OBOH, 2013; VU; SCARLETT; VUONG, 2018). Assim como os resultados de TPC e TFC, as amostras de cascas de banana verde liofilizadas de ambas as cultivares apresentaram o maior potencial antioxidante e apenas diferiram estatisticamente entre elas no ensaio DPPH, em que a cultivar MAR apresentou a maior capacidade antioxidante. Para ambas as

cultivares nos três ensaios (ABTS, FRAP e DPPH) testados, houve redução da capacidade antioxidante para farinha e biomassa das cascas, de 31 a 79% em relação às cascas liofilizadas. Para a farinha e biomassa da polpa da cultivar MAR houve um aumento significativo do potencial antioxidante. Corroborando com os resultados anteriores de TPC e TFC, a cultivar MAR também se destacou com o maior potencial antioxidante para biomassa da casca e para as farinhas da casca e da polpa. A cultivar CAV apresentou maior potencial antioxidante para polpa e biomassa da casca.

TABELA 19 – CONTEÚDO DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS (TPC), FLAVONOIDES TOTAIS (TFC) E POTENCIAL ANTIOXIDANTE (ABTS, FRAP E DPPH) DE DUAS CULTIVARES DE BANANA VERDE

Amostras	Parte Comestível	TPC (mg GAE/100g)	TFC (mg CE/100g)	ABTS (mM TE/100g)	FRAP (mM TE/100g)	DPPH (mM TE/100g)
CAV	P	89,97 ± 7,68 ^{cdA}	57,29 ± 5,51 ^{cdA}	0,89 ± 0,04 ^{dA}	0,69 ± 0,04 ^{deA}	5,51 ± 0,01 ^{dA}
	FP	22,50 ± 2,92 ^{dB}	6,62 ± 2,67 ^d	0,22 ± 0,04 ^{eB}	0,13 ± 0,02 ^{eB}	5,47 ± 0,01 ^{eB}
	BP	112,67 ± 21,08 ^{cdB}	62,05 ± 15,50 ^{cdB}	0,86 ± 0,07 ^{dB}	0,75 ± 0,07 ^{dB}	5,52 ± 0,01 ^{dB}
	C	1130,30 ± 207,77 ^a	1461,98 ± 367,16 ^a	8,04 ± 0,66 ^a	8,99 ± 1,35 ^a	16,29 ± 0,02 ^{aB}
	FC	192,43 ± 34,97 ^{cB}	190,99 ± 27,52 ^{cB}	1,80 ± 0,07 ^{cB}	1,88 ± 0,26 ^{cB}	11,25 ± 0,02 ^{bA}
	BC	786,72 ± 35,23 ^{bA}	714,94 ± 66,52 ^{bA}	4,47 ± 0,11 ^{bA}	5,54 ± 0,31 ^{bA}	5,70 ± 0,01 ^{cA}
MAR	P	66,35 ± 4,57 ^{dB}	37,69 ± 9,46 ^{cdB}	0,54 ± 0,05 ^{FB}	0,46 ± 0,03 ^{dB}	5,49 ± 0,01 ^{eB}
	FP	104,27 ± 6,29 ^{cdA}	11,28 ± 5,58 ^d	1,10 ± 0,06 ^{eA}	1,09 ± 0,07 ^{cdA}	5,50 ± 0,01 ^{eA}
	BP	162,25 ± 22,75 ^{cA}	88,54 ± 21,69 ^{cA}	1,79 ± 0,10 ^{dA}	1,61 ± 0,20 ^{cA}	5,56 ± 0,01 ^{dA}
	C	1239,64 ± 99,01 ^a	1278,20 ± 118,20 ^a	9,24 ± 0,92 ^a	10,15 ± 1,32 ^a	16,33 ± 0,02 ^{aA}
	FC	446,12 ± 36,89 ^{bA}	326,05 ± 64,67 ^{bA}	3,08 ± 0,12 ^{cA}	4,51 ± 1,20 ^{bA}	5,62 ± 0,04 ^{cB}
	BC	448,15 ± 28,16 ^{bbB}	297,99 ± 38,65 ^{bbB}	3,64 ± 0,16 ^{bbB}	3,79 ± 0,25 ^{bbB}	5,68 ± 0,01 ^{bbB}

NOTA: Letras maiúsculas diferentes em cada coluna representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as frações de acordo com o teste de Tukey. Letras minúsculas diferentes em cada coluna representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as cultivares: CAV = *Musa AAA*, *Cavendish nanica*, MAR = *Musa ABB*, *Sapientum marmelo*, P= polpa liofilizada, C = casca liofilizada, FP = farinha da polpa, FC = farinha da casca, BP = biomassa da polpa, BC = biomassa da casca.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Bananas verdes orgânicas das cultivares *Musa* AAA, subgrupo Cavendish e *Musa* ABB, subgrupo *Sapientum marmelo*, nos estádios 1 e 2 de maturação, foram estudadas quanto à composição físico-química, de minerais e quanto ao seu potencial antioxidante. Entre cultivares, foi identificado que a MAR apresentou maior peso e diâmetro, teor de lipídios nas cascas superior e amido resistente até duas vezes maior na farinha da polpa em comparação à CAV. Enquanto esta quantificou até 68% mais minerais totais, em relação à MAR. A análise comparativa entre as frações de casca e polpa indicou que, nas cascas (C, FC e BC), o conteúdo de proteínas, lipídios, amido resistente, fibras e minerais é superior ao quantificado nas polpas (P, FP, BP) dos frutos verdes, com exceção para o amido resistente que em BP e BC apresentaram valores elevados e aproximados. Além disso, o tipo de processamento da banana verde também influenciou expressivamente no conteúdo de amido resistente dos frutos, sendo identificado até quatro vezes mais AR na biomassa de banana verde (BP e BC). Contudo, esse método apresentou impacto negativo na quantificação mineral. Quanto à desidratação em forno (farinha), o método trouxe melhor preservação no conteúdo de fibras e de minerais, especialmente na farinha da casca. Foi observado ainda, que o processamento não impactou da mesma maneira em todos os minerais quantificados. Entre os principais minerais encontrados (K, P, Mg, Ca), o cálcio não foi influenciado pelo tipo de cultivar ou processamento. Já, no alcance da IDR dos minerais em adultos, observou-se que as farinhas de casca e de polpa apresentaram as maiores contribuições, em especial para os minerais cromo e manganês. Por meio de uma formulação teórica de farinha e de biomassa de banana verde (25% casca e 75% polpa) foi evidenciada a importância de se incentivar a utilização das cascas da banana verde no preparo dos ingredientes culinários estudados nesta pesquisa. Por meio das análises de compostos fenólicos, flavonoides e atividade antioxidante, foi constatado que as cascas de banana verde liofilizadas apresentaram o maior potencial antioxidante. Identificou-se também redução da capacidade antioxidante na farinha e biomassa das cascas.

5.1 Recomendações para trabalhos futuros

Sugere-se que mais pesquisas sejam realizadas com diferentes formulações de farinha e de biomassa de banana verde a fim de se desenvolver produtos que apresentem maior proporção das cascas, sem prejuízo sensorial e eficácia culinária.

REFERÊNCIAS

- AGAMA-ACEVEDO, E. et al. Potential of plantain peels flour (*Musa paradisiaca* L.) as a source of dietary fiber and antioxidant compound. **CYTA - Journal of Food**, v. 14, n. 1, 2016.
- AHMED, J.; THOMAS, L.; KHASHAWI, R. Influence of hot-air drying and freeze-drying on functional, rheological, structural and dielectric properties of green banana flour and dispersions. **Food Hydrocolloids**, v. 99, n. August 2019, p. 105331, 2020.
- ALMEIDA-JUNIOR, L. D. et al. Dietary intervention with green dwarf banana flour (*Musa* sp. AAA) modulates oxidative stress and colonic SCFAs production in the TNBS model of intestinal inflammation. **Journal of Functional Foods**, v. 38, p. 497–504, 2017.
- ALSAFFAR, A. A. Effect of food processing on the resistant starch content of cereals and cereal products – a review. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 46, n. 3, p. 455–462, 1 mar. 2011.
- ANDRADE, B. A. et al. Produção de farinha de banana verde (*Musa* spp.) para aplicação em pão de trigo integral. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, p. 1–10, 2018.
- ANYASI, T. A.; JIDEANI, A. I. O.; MCHAU, G. R. A. Effect of organic acid pretreatment on some physical, functional and antioxidant properties of flour obtained from three unripe banana cultivars. **Food Chemistry**, v. 172, p. 515–522, 2015.
- ANYASI, T. A.; JIDEANI, A. I. O.; MCHAU, G. R. A. Phenolics and essential mineral profile of organic acid pretreated unripe banana flour. **Food Research International**, v. 104, n. May 2017, p. 100–109, 2018.
- ARUN, K. B. et al. Dietary fibre and phenolic-rich extracts from *Musa paradisiaca* inflorescence ameliorates type 2 diabetes and associated cardiovascular risks. **Journal of Functional Foods**, v. 31, p. 198–207, 2017.
- AUORE, G.; PARFAIT, B.; FAHRASMANE, L. Bananas , raw materials for making processed food products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 20, n. 2, p. 78–91, 2009.
- BABBAR, N. et al. Total phenolic content and antioxidant capacity of extracts obtained from six important fruit residues. **Food Research International**, v. 44, n. 1, p. 391–396, 2011.
- BAI, Y. L. et al. Modulation of fasting blood glucose by raw banana powder in alloxan-induced diabetic rats. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 6, n. 3, p. 94–102, 2013.

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, n. 1, p. 70–76, 1996.

BLE-CASTILLO, J. L. et al. Effects of native banana starch supplementation on body weight and insulin sensitivity in obese type 2 diabetics. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 7, n. 5, p. 1953–1962, 2010.

BLOIS, M. S. Antioxidant Determinations by the Use of a Stable Free Radical. **Nature**, v. 181, n. 4617, p. 1199–1200, 1958.

BODINHAM, C. L.; FROST, G. S.; ROBERTSON, M. D. Acute ingestion of resistant starch reduces food intake in healthy adults. **British Journal of Nutrition**, v. 103, n. 6, p. 917–922, 2010.

BORGES, C. V. et al. Nutritional value and antioxidant compounds during the ripening and after domestic cooking of bananas and plantains. **Food Research International**, v. 132, n. February, p. 109061, 2020.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25–30, 1995.

BRANDÃO, L. P. **Seleção de descritores morfoagronômicos em bananeira por meio de procedimentos uni e multivariados**. [s.l.] Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2011.

BRON, I. U.; JACOMINO, A. P. **Classificacao de frutos por climaterico e conceito em extincao?** Visão Agrícola, 2007.

CAMPUZANO, A.; ROSELL, C. M.; CORNEJO, F. Physicochemical and nutritinal characteristics of banana flour during ripening. **Food Chemistry**, v. 256, n. November 2017, p. 11–17, 2018.

CASSETTARI, V. M. G. et al. Combinations of laxatives and green banana biomass on the treatment of functional constipation in children and adolescents: a randomized study. **Jornal de Pediatria**, v. 95, n. 1, p. 27–33, 2019.

CEAGESP. **Normas de classificação da banana**. São Paulo: Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura, 2006.

CHAMP, M.; KOZLOWSKI, F.; LECANNU, G. In vivo and in vitro methods for resistant starch measurements. **Oxford: Blackwell Science**, 2001.

CHARNCHAI, P. et al. Effects of the food manufacturing chain on the viability and functionality of bifidobacterium animalis through simulated gastrointestinal conditions. **PLoS ONE**, v. 11, n. 6, p. 1–17, 2016.

CHÁVEZ-SALAZAR, A. et al. Isolation and partial characterization of starch from banana cultivars grown in Colombia. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 98, 2017.

COLLONA, P.; LELOUP, V.; BULEON, A. Limiting factors of starch hydrolisis. **European Journal of Nutrition**, 1992.

CORDOBA, L. DO P. et al. Brazilian green banana. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 134, n. 3, p. 2065–2073, 2018.

COSTA, E. S. et al. Beneficial effects of green banana biomass consumption in patients with pre-diabetes and type 2 diabetes: A randomised controlled trial. **British Journal of Nutrition**, v. 121, n. 12, p. 1365–1375, 2019.

CRINNION, W. J. Organic foods contain higher levels of certain nutrients, lower levels of pesticides, and may provide health benefits for the consumer. **Alternative Medicine Review**, v. 15, n. 1, p. 4–12, 2010.

DA COSTA, E. L. et al. Effect of green banana pulp on physicochemical and sensory properties of probiotic yoghurt. **Food Science and Technology**, v. 37, n. 3, p. 363–368, 2017.

DA MOTA, R. V. et al. Composition and Functional Properties of Banana Flour from Different Varieties. **Starch - Stärke**, v. 52, n. 2–3, p. 63–68, 2000.

DA SILVA, A. R. et al. Green banana pasta diet prevents oxidative damage in liver and kidney and improves biochemical parameters in type 1 diabetic rats. **Archives of Endocrinology and Metabolism**, v. 60, n. 4, p. 355–366, 2016.

DALL’ASTA, M. et al. The nutritional quality of organic and conventional food products sold in Italy: Results from the food labelling of Italian products (flip) study. **Nutrients**, v. 12, n. 5, p. 1–13, 2020.

DAN, M. C. T. et al. Colonic Fermentation of Unavailable Carbohydrates from Unripe Banana and its Influence over Glycemic Control. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 70, n. 3, p. 297–303, 2015.

DENARDIN, C. C.; DA SILVA, L. P. Starch granules structure and its regards with physicochemical properties. **Ciencia Rural**, v. 39, n. 3, p. 945–954, 2009.

DOSSA, D.; DENCK, D. I. **Mercado de hortifruti da CEASA do Paraná**. Curitiba: Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná, 2018.

EDENTA, C.; OKODUWA, S.; OKPE, O. Effects of Aqueous Extract of Three Cultivars of Banana (*Musa acuminata*) Fruit Peel on Kidney and Liver Function Indices in Wistar Rats. **Medicines**, v. 4, n. 4, p. 77, 2017.

EKHATOR, O. C. et al. Safety Evaluation of Potential Toxic Metals Exposure from Street Foods Consumed in Mid-West Nigeria. **Journal of Environmental and Public Health**, v. 2017, 2017.

ELEAZU, C. O.; OKAFOR, P. Use of unripe plantain (*Musa paradisiaca*) in the management of diabetes and hepatic dysfunction in streptozotocin induced diabetes in rats. **Interventional Medicine and Applied Science**, v. 7, n. 1, p. 9–16, 2015.

ELLEUCH, M. et al. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. **Food Chemistry**, v. 124, n. 2, p. 411–421, 2011.

EMAGA, T. H. et al. Effects of the stage of maturation and varieties on the chemical composition of banana and plantain peels. **Food Chemistry**, v. 103, n. 2, p. 590–600, 2007.

EMBRAPA. **Destinos das exportacoes brasileiras de bananas em 2017**.

Disponível em:

<<https://www.google.com/search?q=Destinos+das+exportacoes+brasileiras+de+bananas+em+2017&oq=Destinos+das+exportacoes+brasileiras+de+bananas+em+2017&aqs=chrome..69i57.1336j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8>>

EMBRAPA, E. B. DE P. A. **Farinha mista de banana verde e castanha do Brasil**.

Disponível em:

<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/659536/1/AGROINDFAMFarinhamistabanaverdecastparaed012009.pdf>>.

EROGLU, E. I.; BUYUKTUNCER, Z. The effect of various cooking methods on resistant starch content of foods. **Nutrition and Food Science**, v. 47, n. 4, p. 522–533, 2017.

ESCARPA, A. et al. An approach to the influence of nutrients and other components on the resistant starch formation. **Food Chemistry**, 1997.

FACUNDO, H. V. D. V. et al. Storage at low temperature differentially affects the colour and carotenoid composition of two cultivars of banana. **Food Chemistry**, v. 170, p. 102–109, 2015.

FALCOMER, A. L. et al. Health Benefits of Green Banana Consumption : A Systematic Review. **Nutrients**, p. 1–22, 2019.

FAO. **Banana market review**. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017.

FAO. **Banana Facts and Figures**. [s.l.: s.n.]. Disponível em:

<<http://www.fao.org.br/economic/est/est-commodities/bananas/bananafacts/en/#.XKzikZhZg2w>>.

FASOLIN, L. H. et al. Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliacoes quimica, fisica e sensorial. **Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, 2007.

FORMAN, J. et al. Organic foods: Health and environmental advantages and disadvantages. **Pediatrics**, v. 130, n. 5, 2012.

GARCÍA-CRUZ, L. et al. Betalains and phenolic compounds profiling and antioxidant capacity of pitaya (*Stenocereus* spp.) fruit from two species (*S. Pruinosus* and *S. stellatus*). **Food Chemistry**, v. 234, p. 111–118, 2017.

GOMES, J. F. S.; VIEIRA, R. R.; LETA, F. R. Colorimetric indicator for classification of bananas during ripening. **Scientia Horticulturae**, v. 150, p. 201–205, 2013.

GONZÁLEZ-MONTELONGO, R.; GLORIA LOBO, M.; GONZÁLEZ, M. Antioxidant activity in banana peel extracts: Testing extraction conditions and related bioactive compounds. **Food Chemistry**, v. 119, n. 3, p. 1030–1039, 2010.

HU, G. et al. **IF-Matching: Towards Accurate Map-Matching with Information Fusion**. 2017 IEEE 33rd International Conference on Data Engineering (ICDE). **Anais...2017**

HUANG, S.; BOHRER, B. M. The effect of tropical flours (breadfruit and banana) on structural and technological properties of beef emulsion modeling systems. **Meat Science**, v. 163, n. October 2019, p. 108082, 2020.

IBGE. Pesquisa de orçamentos familiares. **Análise do consumo alimentar pessoal no Brasil**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101742.pdf>

IBGE. **Produção de bananas**. Acesso em 10/10/2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618>>

IPARDES. **Caderno Estatístico município de Adrianópolis**. Disponível em: <file:///C:/Users/bianu/OneDrive/MESTRADO 2018/DISSERTAÇÃO/materiais/lpades-a drianopolis- banana.pdf>.

IZIDORO, D. R. **Influência da polpa de banana (*Musa cavendishii*) verde no comportamento reológico, sensorial e físico-químico de emulsão**. [s.l.] Universidade Federal do Paraná, 2007.

IZIDORO, D. R.; SCHEER, A. DE P.; SIERAKOWSKI, M. R. Rheological properties of emulsions stabilized by green banana (*Musa cavendishii*) pulp fitted by power law model. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 52, n. 6, p. 1541–1553, 2009.

JIANG, H. et al. Digestibility and changes to structural characteristics of green banana starch during invitro digestion. **Food Hydrocolloids**, v. 49, p. 192–199, 2015.

JUAREZ-GARCIA, E. et al. Composition, Digestibility and Application in Breadmaking of Banana Flour. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 61, n. 3, p. 131, 2006.

KEENAN, M. J. et al. Effects of resistant starch, a non-digestible fermentable fiber, on reducing body fat. **Obesity**, v. 14, n. 9, p. 1523–1534, 2006.

KHOOZANI, A. A.; BEKHIT, A. E. D. A.; BIRCH, J. Effects of different drying conditions on the starch content, thermal properties and some of the physicochemical parameters of whole green banana flour. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 130, p. 938–946, 2019.

KHOOZANI, A. A.; KEBEDE, B.; BEKHIT, A. E.-D. A. Rheological, textural and structural changes in dough and bread partially substituted with whole green banana flour. **Lwt**, v. 126, n. February, p. 109252, 2020.

KIRINUS, G. Agricultura sustentavel: os modelos alternativos. **Guia organicos e saude**, 2016.

KUGLER, H. **Parana concentra o maior numero de agricultores organicos no pais: entenda por que**. Acesso em 05/08/2019. Disponivel em: <<https://www.tribunapr.com.br/noticias/parana-concentra-maior-numero-de-produtores-organicos-do-pais/>>

LAJOLO, F. .; MENEZES, E. . Carbohidratos en alimentos regionales iberoamericanos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 4, p. 615–616, 2006.

LANGKILDE, A. M.; CHAMP, M.; ANDERSSON, H. Effects of high-resistant-starch banana flour (RS2) on in vitro fermentation and the small-bowel excretion of energy, nutrients, and sterols: An ileostomy study. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 75, n. 1, p. 104–111, 2002.

LIAO, H. J.; HUNG, C. C. Chemical composition and in vitro starch digestibility of green banana (cv. Giant Cavendish) flour and its derived autoclaved/debranched powder. **LWT - Food Science and Technology**, v. 64, n. 2, p. 639–644, 2015.

LIMA, M. B.; OLIVEIRA E SILVA, S.; FERREIRA, C. F. **Banana**. 2ed. rev. ed. Brasília: Embrapa, 2012.

LUCATTO, J. N. **Produção e caracterização de iogurte simbiótico sabor banana, obtido a partir de leite de vaca e de cabra, cultura probiótica e polpa de banana verde**. [s.l.] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

MACHADO, J. L. A. **Peixe com banana verde**, 2008.

MELO, C. B. **Banana**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/4991001/banana>>.

MENEZES, E. W. et al. In Vitro Colonic Fermentation and Glycemic Response of Different Kinds of Unripe Banana Flour. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 65, n. 4, p. 379–385, 2010.

MESQUITA, C. DE B. et al. Characterization of banana starches obtained from cultivars grown in Brazil. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 89, 2016.

MÜLLER, M.; CANFORA, E. E.; BLAAK, E. E. Gastrointestinal transit time, glucose homeostasis and metabolic health: Modulation by dietary fibers. **Nutrients**, v. 10, n. 3, 2018.

MUNDO ECOLOGIA. **Tudo sobre bananeiras**. Disponível em:
<<https://www.mundoecologia.com.br/plantas/tudo-sobre-bananeiras/>>.

NIEVA-ECHEVARRÍA, B. et al. Effects of different cooking methods on the lipids and volatile components of farmed and wild European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). **Food Research International**, v. 103, n. October 2017, p. 48–58, 2018.

NUAPIA, Y.; CHIMUKA, L.; CUKROWSKA, E. Assessment of heavy metals in raw food samples from open markets in two African cities. **Chemosphere**, v. 196, p. 339–346, 2018.

OLIVEIRA DE SOUZA, N. C. et al. Textural, physical and sensory impacts of the use of green banana puree to replace fat in reduced sugar pound cakes. **LWT - Food Science and Technology**, v. 89, n. August 2017, p. 617–623, 2018.

OMS, O. MUNDIAL DA SAÚDE-. **Novas orientações da OMS ajudam a detectar deficiência de ferro na gravidez e proteger o desenvolvimento do cérebro de crianças**. Disponível em:
<https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=6149:novas-orientacoes-da-oms-ajudam-a-detectar-deficiencia-de-ferro-na-gravidez-e-proteger-desenvolvimento-do-cerebro-de-criancas&Itemid=839>.

OPAS BRASIL, O. P. A. DA S. **O cromo e sua importância**. Disponível em:
<<https://opas.org.br/o-cromo-e-sua-importancia/>>.

OVANDO-MARTINEZ, M. et al. Unripe banana flour as an ingredient to increase the undigestible carbohydrates of pasta. **Food Chemistry**, v. 113, n. 1, p. 121–126, 2009.

PADOVANI, R. M. et al. Dietary reference intakes: Application of tables in nutritional studies. **Revista de Nutricao**, v. 19, n. 6, p. 741–760, 2006.

PANTELIĆ, M. M. et al. Identification and quantification of phenolic compounds in berry skin, pulp, and seeds in 13 grapevine varieties grown in Serbia. **Food Chemistry**, v. 211, p. 243–252, 2016.

PEREIRA, A.; MARASCHIN, M. Banana (*Musa spp*) from peel to pulp: Ethnopharmacology, source of bioactive compounds and its relevance for human health. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 160, p. 149–163, 2015.

POPOVIĆ, B. M. et al. Comparison between polyphenol profile and bioactive response in blackthorn (*Prunus spinosa* L.) genotypes from north Serbia-from raw data to PCA analysis. **Food Chemistry**, v. 302, n. July 2019, 2020.

QAMAR, S.; SHAIKH, A. Therapeutic potentials and compositional changes of valuable compounds from banana- A review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 79, n. June 2017, p. 1–9, 2018.

RABBANI, G. H. et al. Clinical studies in persistent diarrhea: Dietary management with green banana or pectin in Bangladeshi children. **Gastroenterology**, v. 121, n. 3, p. 554–560, 2001.

RABBANI, G. H. et al. Green Banana and Pectin Improve Small Intestinal Permeability and Reduce Fluid Loss in Bangladeshi Children with Persistent Diarrhea. **Digestive Diseases and Sciences**, v. 49, n. 3, p. 475–484, 2004.

RABBANI, G. H. et al. Green banana-supplemented diet in the home management of acute and prolonged diarrhoea in children: A community-based trial in rural Bangladesh. **Tropical Medicine and International Health**, v. 15, n. 10, p. 1132–1139, 2010.

RAJKUMAR, P. et al. Studies on banana fruit quality and maturity stages using hyperspectral imaging. **Journal of Food Engineering**, v. 108, n. 1, p. 194–200, 2012.

RE, R. et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, n. 9, p. 1231–1237, 1999.

REBELLO, L. P. G. et al. Flour of banana (*Musa AAA*) peel as a source of antioxidant phenolic compounds. **Food Research International**, v. 55, p. 397–403, 2014.

RIQUETTE, R. F. R. et al. Do production and storage affect the quality of green banana biomass? **Lwt**, v. 111, n. April, p. 190–203, 2019.

SALVADOR, A.; SANZ, T.; FISZMAN, S. M. Changes in colour and texture and their relationship with eating quality during storage of two different dessert bananas. **Postharvest Biology and Technology**, v. 43, n. 3, p. 319–325, 2007.

SANCHEZ-RIVERA, M. M. et al. Esterified plantain flour for the production of cookies rich in indigestible carbohydrates. **Food Chemistry**, v. 292, n. March, p. 1–5, 2019.

SANTERAMO, F. G. et al. Emerging trends in European food, diets and food industry. **Food Research International**, v. 104, n. October 2017, p. 39–47, 2018.

SARDÁ, F. A. H. et al. Impact of resistant starch from unripe banana flour on hunger, satiety, and glucose homeostasis in healthy volunteers. **Journal of Functional Foods**, v. 24, p. 63–74, 2016a.

SARDÁ, F. A. H. et al. Identification of carbohydrate parameters in commercial unripe

banana flour. **Food Research International**, v. 81, p. 203–209, 2016b.

SARIS, W. H. M. et al. Functional food science and substrate metabolism. **British Journal of Nutrition**, 1998.

SENA, J. V. C. **Aspectos da producao e mercado da banana no Nordeste**.

Disponível em:

<https://www.bnb.gov.br/documents/88765/89729/ire_ano5_n10.pdf/d1bae204-7a07-4fae-b3d5-d6a3f38a5e04>.

SHODEHINDE, S. A.; OBOH, G. Antioxidant properties of aqueous extracts of unripe *Musa paradisiaca* on sodium nitroprusside induced lipid peroxidation in rat pancreas in vitro. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 3, n. 6, p. 449–457, 2013.

SILVA, C. DE S. et al. MODIFICAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DA BANANA “PRATA”, SUBMETIDA A AMADURECIMENTO ARTIFICIAL EM AMBIENTE CONTROLADO: INFLUENCIA DA TEMPERATURA E ETILENO. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, dez. 2004.

SINGH, B. et al. **Bioactive compounds in banana and their associated health benefits - A review** **Food Chemistry**, 2016.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144 LP – 158, 1 jan. 1965.

SOSULSKI, F. W.; IMAFIDON, G. I. Amino acid composition and nitrogen-to-protein conversion factors for animal and plant foods. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 38, p. 351–356, 1990.

SULAIMAN, S. F. et al. Correlation between total phenolic and mineral contents with antioxidant activity of eight Malaysian bananas (*Musa* sp.). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, n. 1, p. 1–10, 2011.

SUNDARAM, S. et al. Antioxidant activity and protective effect of banana peel against oxidative hemolysis of human erythrocyte at different stages of ripening. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 164, n. 7, p. 1192–1206, 2011.

TAPRE, A. R.; JAIN, R. K. Study of advanced maturity stages of banana. **International Journal of Advanced Engineering Research and Studies**, v. I, n. Iii, p. 272–274, 2012.

TESTER, R.; KARKALAS, J.; QI, X. Starch—Composition, fine structure and architecture. **Journal of Cereal Science**, v. 39, p. 151–165, 1 mar. 2004.

TRIBESS, T. B. et al. Thermal properties and resistant starch content of green banana flour (*Musa cavendishii*) produced at different drying conditions. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, p. 1022–1025, 2016.

TSAMO, C. V. P. et al. Effect of boiling on phenolic profiles determined using HPLC/ESI-LTQ-Orbitrap-MS, physico-chemical parameters of six plantain banana cultivars (*Musa* sp). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 44, p. 158–169, 2015.

USP, U. DE S. P. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA)**. Disponível em: <<http://www.tbca.net.br/#>>.

VALLE, H. F.; CAMARGOS, M. **Yes, nos temos bananas: historias e receitas com biomassa de banana verde**. 3. ed. Sao Paulo: [s.n.].

VOGADO, C. DE O. et al. Enrichment of probiotic fermented milk with green banana pulp: Characterization microbiological, physicochemical and sensory. **Nutrients**, v. 10, n. 4, 2018.

VU, H. T.; SCARLETT, C. J.; VUONG, Q. V. Effects of drying conditions on physicochemical and antioxidant properties of banana (*Musa cavendish*) peels. **Drying Technology**, v. 35, n. 9, p. 1141–1151, 2017.

VU, H. T.; SCARLETT, C. J.; VUONG, Q. V. Phenolic compounds within banana peel and their potential uses: A review. **Journal of Functional Foods**, v. 40, n. November 2017, p. 238–248, 2018.

VU, H. T.; SCARLETT, C. J.; VUONG, Q. V. Maximising recovery of phenolic compounds and antioxidant properties from banana peel using microwave assisted extraction and water. **Journal of Food Science and Technology**, v. 56, n. 3, 2019.

WALL, M. M. Ascorbic acid , vitamin A , and mineral composition of banana (*Musa* sp .) and papaya (*Carica papaya*) cultivars grown in Hawaii. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, p. 434–445, 2006.

WANG, J. S. et al. Comparison of physicochemical properties and in vitro digestibility of starches from seven banana cultivars in China. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 121, p. 279–284, 2019.

ZHANG, P. et al. Banana starch: Production, physicochemical properties, and digestibility - A review. **Carbohydrate Polymers**, v. 59, n. 4, p. 443–458, 2005.

ZHISHEN, J.; MENGCHENG, T.; JIANMING, W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. **Food Chemistry**, v. 64, n. 4, p. 555–559, 1999.

ANEXO 1 – CADASTRO NO SISGEN



Ministério do Meio Ambiente
CONSELHO DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO GENÉTICO
SISTEMA NACIONAL DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO GENÉTICO E DO CONHECIMENTO TRADICIONAL
ASSOCIADO

Comprovante de Cadastro de Acesso

Cadastro nº AB5D063

A atividade de acesso ao Patrimônio Genético, nos termos abaixo resumida, foi cadastrada no SisGen, em atendimento ao previsto na Lei nº 13.123/2015 e seus regulamentos.

Número do Cadastro: AB5D063
Usuário: Claudia Hecke
CPF/CNPJ: 845.261.659-72
Objeto do Acesso: Patrimônio Genético
Finalidade do Acesso: Pesquisa

Espécie

Musa spp.

Título da Atividade: Avaliação físico-química e de toxicidade de banana verde e seus subprodutos

Equipe

Claudia Hecke UFPR
BEATRIZ FRABETTI CAMPOS ROMÃO UFPR

Data do Cadastro: 14/10/2020 15:40:58
Situação do Cadastro: concluído

Conselho de Gestão do Patrimônio Genético
Situação cadastral conforme Conselho de Gestão do Patrimônio Genético em 15/11/2020
SISTEMA NACIONAL DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO GENÉTICO E DO CONHECIMENTO TRADICIONAL ASSOCIADO - SISGEN